DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · A. BUTENANDT · C. W. CORRENS
H. J. DEUTICKE · R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · A. KÜHN
H. MARTIUS · R. W. POHL · G.-M. SCHWAB · R. THAUER · W. WEIDEL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

48. JAHRGANG **HEFT 14** (ZWEITES JULIHEFT) **1961**

INHALT

AUFSÄTZE

Seite

Funktionelle Deutung von Strukturen in der grauen Substanz des Nervensystems. Von V. BRAITENBERG 489

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN

Physik

Über eine Anordnung zur Direktumwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie. Von W. BLOSS 497

Elektronenmikroskopische Ladungsbilder. Von L. ALBERT und W. JAENICKE 497

Zur Bestimmung der magnetischen Kristallanisotropiekonstante K_1 in den Systemen Nickelferrit-Magnetit und Magnesium-ferrit-Magnetit. Von G. ELBINGER 498

Kristallographie

Aufwachsungen auf korrespondierenden Spaltflächen. Von W. KLEBER und J. MIETZ 499

Chemie

Syntheseversuch von Phosphorsäure im Ultraschallfeld. Von W. WAWRZYCZEK, H. MAJKOWSKA und J. SOBOCZYŃSKA . 499

Zur Kenntnis der *cis-trans*-Asymmetrie. Von R. RIEMSCHNEIDER und A. ROOK 500

Biochemie

The Structure of C_{18}-Dehydrophytosphingosine of Peanut Phosphatides. Von M. PROŠTENIK und (Mrs.) B. MAJHOFER-ORESČANIN 500

Über die Skleroproteide der Mollusken. Von H. STEGEMANN . 501

Physiologie und Medizin

Die begrenzende Rolle der Hexokinase-Reaktion für die anaerobe Glykolyse der roten Blutzellen. Von S. RAPOPORT, U. HINTERBERGER und E. C. G. HOFMANN 501

Zur Bildung von Aldehyden bei der UV-Bestrahlung der Haut des Menschen. Von K. TÄUFEL und R. ZIMMERMANN . . . 502

Histochemische Untersuchungen am Reizleitungssystem tierischer Herzen. Von T. H. SCHIEBLER 502

Zur Korrelation der Eierstock- und Schilddrüsenfunktion. Von J. KULCSÁR-GERGELY und A. KULCSÁR 503

Neurohumoral ausgelöste Schlafzustände an Tieren mit gekreuztem Kreislauf unter der Kontrolle von EEG-Ableitungen. Von A. E. KORNMÜLLER, H. D. LUX, K. WINKEL und M. KLEE 503

Zur Pathogenese der Dupuytrenschen Kontraktur. Von K. J. MÜNZENBERG und G. GATTOW 505

Seite

Zur Frage der Summation der kanzerogenen Strahlenwirkung bei fraktionierten Röntgenganzbestrahlungen weißer Ratten. Von E. STUTZ, W. HUNSTEIN und U. REINCKE 505

Allgemeine Biologie, Botanik

Untersuchungen zum Phosphatstoffwechsel von Weizenkeimpflanzen nach Infektion mit *Puccinia graminis tritici*. Von R. HEITEFUSS und W. H. FUCHS 505

The Effect of Iron and Manganese Supply on the Tissue Concentration of Macro- and Micro-Nutrient Elements in Barley Plants Grown in Sand Culture. Von S. C. AGARWALA und C. P. SHARMA 506

Über die Kalluswuchsform des Laubmoossporophyten. Von L. BAUER 507

Über antiphytotische Stoffe im Schnittholz der Weinrebe (Vitis vinifera L.) Von E. SIEVERS 508

Mikrobiologie

Das Verhalten der Rhizobien-Stämme gegen Gibberellinsäure. Von E. MANNINGER 508

Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens auf den Rhizosphäreneffekt. Von E. WELTE und G. TROLLDENIER 509

Zytologie

Über die Sekretionsgranula in den Zellen der Malpighischen Gefäße von Periplaneta americana L. Von A. M. STADHOUDERS und J. A. M. JACOBS 509

Genetik

Osmotische Werte bei Rassen von Forstbäumen. Von TH. SCHMUCKER 510

BUCHBESPRECHUNGEN

H. SCHLITT, Systemtheorie für regellose Vorgänge. (Ref.: F. MESCH) 510

R. W. POHL, Einführung in die Physik. (Ref.: E. LAMLA) . . . 511

L. D. LANDAU und E. M. LIFSHITZ, Fluid Mechanics. (Ref.: C. SCHMIEDEN) 511

Elektrothermie. (Ref.: W. GURSKI) 512

J. STAUFF, Kolloidchemie. (Ref.: H. ERBRING) 512

K. H. WINKELSTRÄTER, Das Betteln der Zootiere. (Ref.: P. LEYHAUSEN) 512

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung und jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Für Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 12.— DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet. Mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag geht das Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder einschließlich des Rechts der photomechanischen Wiedergabe oder einer sonstigen Vervielfältigung an den Verlag über. Jedoch wird gewerblichen Unternehmen für den innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels e.V. und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens die Anfertigung einer photomechanischen Vervielfältigung gestattet. Wenn für diese Zeitschrift kein Pauschalabkommen mit dem Verlag vereinbart worden ist, ist eine Wertmarke im Betrage von DM 0.30 pro Seite zu verwenden. *Der Verlag läßt diese Beträge den Autorenverbänden zufließen.*

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anschrift der Redaktion:
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, Fernsprecher 830301, Fernschreibnummer 01-83319) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Redaktionelle Hinweise

I. Allgemeines

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen engbegrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterungen des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Fotografische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildung von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Besprechungsexemplaren abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die gegebenenfalls dann ein Exemplar anfordern wird. Für die Rückgabe unverlangter Besprechungsexemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

Die Idee der Universität

Für die gegenwärtige Situation entworfen

Von Karl Jaspers, Basel, und Kurt Rossmann, Heidelberg

VIII, 250 Seiten 8⁰. 1961. DM 12,—

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

48. Jahrgang Heft 14 (Zweites Juliheft) 1961

Funktionelle Deutung von Strukturen in der grauen Substanz des Nervensystems*)

Von V. BRAITENBERG, Neapel

Das Problem der grauen Substanz

Die Frage nach dem Funktionsprinzip von Verbänden vieler Nervenzellen in der sog. grauen Substanz des Nervensystems bleibt trotz verfeinerter Kenntnis auf dem Gebiet der Physiologie des einzelnen Neurons noch immer unbeantwortet. Die experimentelle Physiologie stößt auf technische Schwierigkeiten, wenn es darum geht, die Aktivität vieler Neuronen in einem kleinen Stück grauer Substanz gleichzeitig, etwa durch elektrische Ableitung mit Hilfe vieler paralleler Mikroelektroden-Verstärker-Einheiten zu beobachten. Nicht viel besser steht es um mathematische oder andere Modelle, da keine Einigkeit darüber besteht, welche Eigenheiten des lebenden Nervensystems man als wesentlich in das Modell aufzunehmen hätte. Dazu kommt, daß die hergebrachten, den Bedürfnissen der Physik entsprechenden (z.B. statistischen) Methoden nicht ohne weiteres auf die vielgestaltigen, untereinander durch reich verzweigte Fortsätze in Beziehung stehenden Nervenzellen anwendbar sind. Das Wesen der Schwierigkeit liegt sowohl beim Experiment als auch in der Theorie in dem großen Strukturgehalt des Substrats, der uns nicht gestattet, aus der Funktion des einzelnen Bestandteils einfach durch Multiplikation auf die Funktion des gesamten Verbandes zu kommen, wie es etwa im Falle der Leberfunktion durchaus möglich wäre. Ganz anders als etwa die Theorie eines idealen Gases müßte eine mathematische Theorie der grauen Substanz außer der Definition des einzelnen Elementes auch die ganze komplexe Struktur beinhalten.

Der Einbau struktureller Daten in die Theorie der grauen Substanz des Nervensystems ist bisher kaum geschehen. Im folgenden soll eine Methode entworfen werden, die es gestattet, aus bekannten neuroanatomischen Strukturen bereits funktionelle Zusammenhänge abzulesen.

Die Methode des verschlossenen Gehäuses (black box) und ihr Gegenteil

Vielfach ist in der kybernetischen Literatur von einem „schwarzen Kasten" die Rede, von einem verschlossenen Gehäuse unbekannter Struktur, bei dem es gilt, auf Grund einer Reihe von Experimenten, ohne den Kasten zu öffnen, auf die vollständige Beschreibung der Funktionscharakteristika zu kommen. Eine solche Analyse würde dann als Korollar die Struktur (oder eine Klasse von untereinander äquivalenten Strukturen) ergeben. Die Untersuchung von Vorgängen innerhalb des Nervensystems kann als Experiment am verschlossenen Gehäuse geführt werden (als Beispiel siehe HASSENSTEIN u. REICHARDT [7]), wobei man die Möglichkeit hat, die Struktur, die man auf Grund der physiologischen Untersuchung erschließt, dann noch mit der Histologie des Substrats zu vergleichen.

Man kann aber auch den umgekehrten Weg gehen, d.h., man kann erst den „schwarzen Kasten" öffnen, um soviel wie möglich von seiner Struktur zu erfahren. Jede Aussage über die Struktur kann dann unmittelbar in eine Aussage über einen Funktionszusammenhang übersetzt werden, vorausgesetzt, daß man die Funktion der elementaren Bestandteile kennt. Auf das Nervengewebe angewendet, heißt das: es müßte möglich sein, auf Grund der physiologischen Definition des einzelnen Neurons direkt aus der Histologie von Neuronenverbänden auf deren Funktion zu schließen.

Die Wahl der Größenordnung

Will man eine Struktur verstehend betrachten, so muß man sich vor allem überlegen, bei welcher Vergrößerung sie am sinnvollsten erscheint, da es bekanntlich passieren kann, daß man — bei zu starker Vergrößerung — den Wald vor lauter Bäumen nicht sieht, oder umgekehrt — bei zu schwacher Vergrößerung — daß einem das Wesentliche am Einzelbaum entgeht. Die Wahl der Größenordnung läßt sich in unserem Falle leicht treffen, und zwar auf Grund der Fragestellung selbst, die ja die Funktion von Neuronen*verbänden* betrifft. Wir dürfen Strukturanalysen, die in die Einzelzelle eindringen, außer acht lassen, da wir das einzelne funktionierende Neuron sozusagen als fertigen Bestandteil von der Physiologie übernehmen und nicht weiter untersuchen. Das heißt praktisch u.a., daß wir elektronenoptische Untersuchungen nicht direkt verwenden werden. Andererseits werden wir makroskopische Gegebenheiten der Gehirnanatomie, wie: relative Größe des Vorderhirns, Mittelhirns und Kleinhirns bei verschiedenen Tieren, oder: Form und Faltung der Gehirnrinde, vorläufig außer acht lassen, da sich ihre Interpretation auf eine Theorie des Gesamthirns beziehen müßte, die ganz der Zukunft angehört. Die für die Funktion von Neuronenverbänden relevanten Bauprinzipien der grauen Substanz, die uns interessieren, müßten also bei Verwendung der lichtmikroskopischen Vergrößerungen der traditionellen Histologie (d.h. bei etwa 50 bis 1000facher Vergrößerung) durchaus zu erfassen sein.

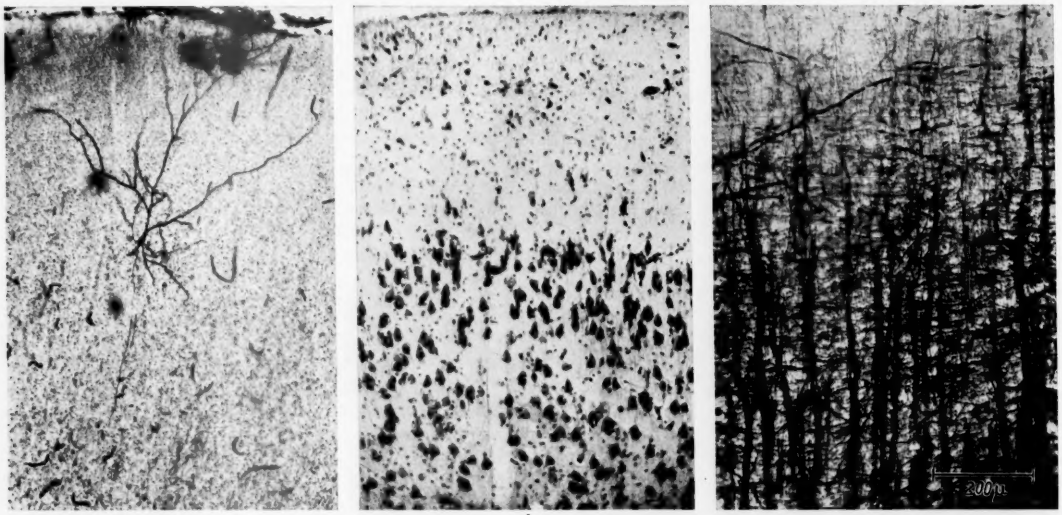
Technisches

Nach wie vor gibt es keinen Ersatz für die übliche histologische Methode, das zu untersuchende Gewebe in dünne (etwa 5 bis 100 μ) Scheiben zu zerlegen und diese nach geeigneter Färbung mikroskopisch zu untersuchen. Im Falle des Nervengewebes stößt man dabei jedoch auf eine Schwierigkeit, die mit den langen Fortsätzen der Nervenzellen zusammenhängt. Wählt

*) The research reported in this paper has been sponsored in part by the European Office, Air Research and Development Command, U.S.A.F.

man eine zu geringe Schnittdicke, so wird das Bild sinnlos, da es z.B. höchst unwahrscheinlich wird, lange, meist etwas gewundene Nervenfasern ganz innerhalb der Schnittdicke anzutreffen (Fasern von Schnitt zu Schnitt zu verfolgen, ist ein äußerst undankbares Unternehmen). Viele Nervenzellen verzweigen sich in durchaus makroskopischen Bereichen. Eine Schnittdicke, die solchen Bereichen einigermaßen gerecht werden sollte, würde bei Anwendung der üblichen histologischen Färbemethoden ganz undurchsichtige Präparate ergeben. Ein entscheidender Ausweg aus diesem Dilemma bietet sich in der *Golgischen* Methode (Fig. 1a). Sicher eine der ungeklärtesten stellt die Weigertsche Markscheidenmethode (Fig. 1c) etwas dar, was uns unmittelbar interessiert, nämlich die Isolierung mancher Nervenfasern vermittels des sog. Myelins. Man gewinnt durch sie ein Bild jener Verbindungen innerhalb des Nervenzellverbands, denen entlang Signale übertragen werden, ohne mit anderen Signalen zu interferieren, also gewissermaßen ein negatives Bild der Zusammenhänge, die wir aufzudecken versuchen.

Man wundert sich, wie es denn überhaupt möglich sei, mit Hilfe traditioneller histologischer Methoden neue Erkenntnisse zu gewinnen. Dazu ist erstens zu bemerken, daß der Strukturgehalt des Nervensystems,



a b c

Fig. 1a—c. Mikrophotographien von einem Golgi-Präparat (a), einem Nissl-Präparat (b) und einem Markscheiden-Präparat (c) bei gleicher Vergrößerung. a und b: obere Schichten der Gehirnrinde (Frontalregion) des Kalbs. c: Gehirnrinde des erwachsenen Menschen (Frontalregion, Schicht des äußeren Baillargerschen Streifens). a Im *Golgi-Bild* zeichnet sich der Zellkörper mit einigen Dendriten sowie der vom Zellkörper nach unten verlaufende Axon gut ab. Der weitere Verlauf und die Verzweigungen des Axons liegen außerhalb der Tiefenschärfe des optischen Systems. Dasselbe gilt für einige Dendriten. b Das *Nissl-Bild* gewinnt an Sinn, wenn man sich zu jedem Zellkörper die im Golgi-Bild sichtbaren Verzweigungen hinzudenkt. c Das *Markscheiden-Bild* zeigt nur unverzweigte, von einer Scheide von Myelin umgebene Axonstücke. Der absteigende Axon in (a) würde in (c) in eines der vertikalen Bündel eingehen

unter den empirisch gewonnenen Färbemethoden und dennoch für unsere Fragestellung sicher die wertvollste, ist diese Methode durch eine unsystematische Auswahl einzelner Zellelemente aus dem Gesamtverband ausgezeichnet. Hat man Glück, so kann man in den ungemein dicken (einige hundert μ) Golgi-Präparaten hier und da auf glasklarem ungefärbtem Hintergrund ein mit feinem rotschwarzem Silberniederschlag gezeichnetes vollständiges Neuron mit allen Verzweigungen sehen. Zehntausende von anderen Zellen im selben Schnitt bleiben ungefärbt. Aus vielen solchen Präparaten einer bestimmten Region kann man dann ein mehr oder weniger vollständiges Bild der ganzen Neuronenpopulation zusammenstellen.

Die *Nisslsche* Methode (Fig. 1b) ist unter allen spezifischen Färbemethoden für das Nervensystem wahrscheinlich diejenige, die das Wesentliche an der Struktur des Nervengewebes, nämlich die langen, fadenförmigen Fortsätze der Zellen, am gründlichsten verbirgt. Uns dient sie nur als Ergänzung der Golgi-Methode, nämlich zum *Zählen* von Zelltypen, die zuerst im Golgi-Bild beschrieben werden und die man meist aus der Gestalt des im Nissl-Präparat gefärbten Klümpchens Zelleib identifizieren kann. Dagegen verglichen mit der bisher zu seiner Beschreibung aufgewendeten Arbeit, offenbar sehr groß ist, da die neurohistologische Literatur noch große Lücken enthält. Zweitens erfordert die funktionelle Interpretation der Histologie vielfach quantitativ präzisierte Daten, die aus den älteren, auf anderen Fragestellungen beruhenden Beschreibungen nicht zu entnehmen sind.

Physiologische Grundlagen

Die folgenden Punkte betrachten wir als gesicherte Ergebnisse der Physiologie, um sie bei der funktionellen Deutung histologischer Strukturen zum Ausgang zu nehmen.

1. Wir nehmen an, daß jede Gehirnfunktion durch die Angabe der Zustände einer bestimmten Anzahl von elementaren Bestandteilen zu verschiedenen Zeiten vollkommen gekennzeichnet sei und daß es genüge, bei diesen Funktionselementen zwei Zustände zu unterscheiden, den der Aktivität und den der Ruhe. Diese binär funktionierenden elementaren Bestandteile wollen wir vorerst mit Vorbehalt Neuronen nennen.

Als anschauliches Modell möge ein Netz von Ende an Ende aneinandergelegten Lunten dienen. Erhitzt

man eine Lunte, so wird bei Erreichung einer kritischen Temperatur das Feuer losgehen und die Lunte vollkommen abbrennen. An den Knotenpunkten können unter Umständen durch Wärmeleitung andere Lunten in Brand gesetzt werden, wobei sich die Wirkungen mehrerer zu einem Punkt konfluierender Lunten in komplizierter Weise summieren. Das Abbrennen innerhalb einer Lunte erfolgt dagegen, unbeeinflußt durch andere Lunten, nach unabänderlichen Gesetzmäßigkeiten. Die Funktion eines solchen Luntennetzes ist daher einfach durch die Angabe gekennzeichnet, zu welchen Zeiten welche Lunten abzubrennen begannen.

Die Identifizierung dieser elementaren Lunten mit den Neuronen der Histologie (nach den bekannten Definitionen von WALDEYER, CAJAL) ist allerdings nicht ohne weiteres zulässig, da es erwiesenermaßen ([*1*], [*8*], [*15*]) vorkommen kann, daß ein histologisch definiertes Neuron, z. B. ein Spinalganglienneuron, nur teilweise „abbrennt", indem die Leitung an den stets marklosen Verzweigungsstellen des Axons unter Umständen unterbrochen wird. Streng genommen kann man daher nur folgendes behaupten:

2. Die isolierte Nervenfaser stellt das binäre Funktionselement des Gehirns dar. Darunter verstehen wir jene Teile des Axons oder Neuriten, die von einer ununterbrochenen Markscheide umgeben sind. Um das verständlich zu machen, müssen wir ein Bild der Nervenzelle skizzieren.

Jede Nervenzelle ist von einer geschlossenen, sich auf alle Zellfortsätze ausdehnenden Membran umgeben. Diese Membran gilt als die wesentliche Trägerin der Signalübermittlung im Nervensystem. Man kann bei jeder Nervenzelle, auf Grund ihrer verschiedenen physiologischen Eigenschaften drei Teile der Membran unterscheiden; a) einen nach dem Prinzip der Lunte funktionierenden, alles oder nichts weiterleitenden Teil; b) einen eher nach dem Muster der Wärmeleitung, mit Dekrement leitenden Teil und c) eine dazwischengeschaltete kritische Zone. Diese drei Membranteile kann man im histologischen Präparat fast immer gut erkennen, da es praktisch immer gelingt, unter den verschiedenen Zellfortsätzen einen als den Axon (Membran vom Typ a) zu erkennen und von den anderen, den sog. Dendriten (Membran vom Typ b), zu unterscheiden. Bei vielen Nervenzellen ist der Axon von einer sog. Markscheide umgeben, einer Bekleidung aus fettigem, elektrisch isolierendem Material. Diese Isolierung kann, besonders an den Verzweigungsstellen, unterbrochen sein. Von einem unverzweigten, kontinuierlich isolierten Stück Axon kann man aber mit Bestimmtheit sagen, daß es nach dem Alles-oder-Nichts-, dem Lunten-Prinzip funktioniert.

Im allgemeinen, soweit keine speziellen Gegenbeweise vorhanden sind, werden wir annehmen, daß der Axon mit allen seinen Verzweigungen dem Alles-oder-Nichts-Prinzip gehorcht.

3. Die Richtung der Leitung in einer Nervenfaser ist unter physiologischen Bedingungen fixiert, und zwar vom Axonhügel (der Grenzzone zwischen der Membran vom Typ a und der Membran vom Typ b) weg und niemals umgekehrt.

4. Das Phänomen, das wir mit dem Abbrennen einer Lunte verglichen haben, das „Feuern" einer Nervenfaser, dessen bekanntestes Merkmal das Auftreten eines Aktionspotentials ist, breitet sich mit einer für jedes unverzweigte Stück Axon konstanten Geschwindigkeit aus. Diese variiert zwischen ungefähr 0,5 mm/msec und über 100 mm/msec, und zwar in linearer Abhängigkeit von der Faserdicke ([*6*], [*9*]).

5. Die Ursachen des Feuerns einer Nervenfaser ist das Erreichen eines Schwellenwerts von Erregung in der Gegend des Axonhügels. Der Erregungswert an dieser Stelle ist wiederum eine Funktion der auf die gesamte somatodendritische Membran einwirkenden Erregung. Dies folgt einfach aus der funktionellen Definition der verschiedenen Membrananteile. Die Theorie dieser Relationen siehe bei RALL [*14a, b*]. Auf das Wesen der Erregung braucht hier nicht eingegangen zu werden. Wir verstehen darunter einfach das Maß der Aktivierung der Nervenzellmembran.

6. Das Feuern eines Neurons erzeugt in der Gegend der terminalen Verästelung des Axons eine bestimmte Erregung, die ihrerseits auf den Zustand der somatodendritischen Membran benachbarter Neurone einwirken kann.

7. Verschiedene Beobachtungen zwingen uns anzunehmen, daß es auch der Erregung entgegenwirkende Beeinflussungen zwischen Neuronen gibt, d.h., daß die Wirkung des Feuerns eines Neurons unter Umständen die von einem anderen Neuron produzierte Erregung auslöschen oder vermindern kann. Dieses Phänomen heißt Hemmung.

8. Der Schwellenwert, von dem in 5. die Rede ist, ist kurze Zeit nach dem Feuern eines Neurons verschiedenen Schwankungen unterworfen. Diese sind bei der Rekonstruktion zeitlicher Abläufe der Erregungsübertragung auf Grund der histologischen Struktur von größter Wichtigkeit, da sie Aufschluß über Frequenzen einzelner Neuronen, Phasenbeziehungen verschiedener Neurone usw. geben. Wir werden sie jedoch in unseren Beispielen hier nicht verwenden.

Theorie der grauen Substanz bei Außerachtlassung der Struktur

Diese physiologischen Grundsätze genügen, um eine Theorie der Funktion der grauen Substanz aufzustellen, vorausgesetzt, daß man von der Struktur vollkommen absieht, indem man unbeschränkt große, zufällig verknüpfte Nervenzellaggregate („random nets") zum Ausgang nimmt. Der binäre Alles-oder-Nichts-Charakter der Funktion des einzelnen Neurons gestattete MCCULLOCH und PITTS [*11*], eine solche Theorie in der Sprache der binären Algebra des Aussagenkalküls zu formulieren. Wir geben davon eine skizzenhafte Version. Neuronen, die nur von außen, nicht von anderen Neuronen erregt werden, heißen Sinneszellen. Sie entsprechen den elementaren Aussagen des Aussagenkalküls. Eine Sinneszelle, die z. B. nur bei Beleuchtung mit rotem Licht aktiv wird, entspricht der elementaren Aussage „hier ist es rot", eine andere, die auf die akustische Frequenz 880 Hz anspricht, entspricht der Aussage „man hört ein *A*" usw. Der ganze Eingang eines Nervennetzes ist durch das Muster von Aktivität und Ruhe der verschiedenen Sinneszellen gegeben. Wesentlich sind dabei aber nicht die einzelnen Sinneszellen, sondern jeweils gewisse Eigenschaften des Gesamtzustandes des Eingangs. Es läßt sich leicht zeigen, wie man Nervennetze konstruieren kann, in denen ein bestimmtes Neuron bei einem bestimmten Zustand des Eingangs immer und bei Nichteintreffen dieses Zustands nie aktiv wird. Dies ent-

spricht im Aussagenkalkül der Synthese von komplexen Aussagen aus elementaren Aussagen mittels eines Gerüsts von logischen Funktionen, wie die et-Funktion ($A \& B$ ist wahr, wenn sowohl A als B wahr ist), die vel-Funktion ($A \vee B$ ist wahr, wenn zumindesten eine der beiden Aussagen, A oder B wahr ist), die Negation (*nicht* A ist wahr, wenn A nicht wahr ist). Es ist durchaus plausibel, daß die Verknüpfung von Neuronen in der grauen Substanz solchen logischen Funktionen entspricht, da z.B. ein Neuron N, dessen afferente Neuronen A und B einzeln die Schwelle nicht erreichen, wohl aber zusammen, die Funktion $A \& B$

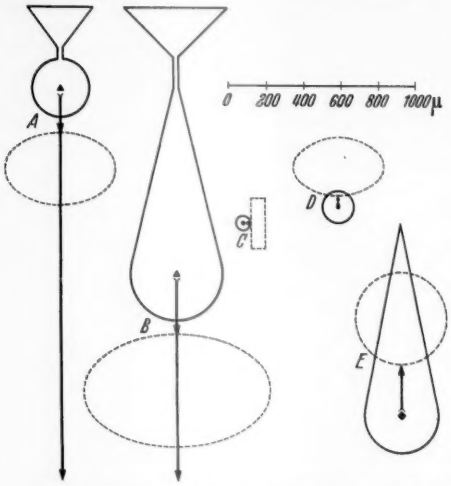


Fig. 2. Dendritenfelder und Terminationsfelder einiger Neuronen der menschlichen Gehirnrinde. Nach Abbildungen von Cajal und nach Messungen an eigenen Präparaten. Anstatt der Dendritenverzweigung eines Neurons ist die Silhouette eines einfachen geometrischen Körpers dargestellt, der alle Dendriten umschließt (ausgezogene Linien). Ähnlich ist (gestrichelt) die Silhouette des Gebietes der axonalen Verästelungen dargestellt. Pfeile stellen unverzweigte Axonstücke dar. Das Terminationsfeld der Neuronen A und B ist unvollständig, da deren Axone die Gehirnrinde verlassen, um einer unbekannten Bestimmung zuzustreben. A Kleine Pyramidenzelle der II. Schicht; B Pyramidenzelle der V. Schicht; C kleine Körnerzelle; D große Körnerzelle; E Zelle aus der VI. Schicht mit aufsteigendem Axon.

darstellt, während ein anderes Neuron M, bei dem A alleine oder B alleine schon genügt, die Funktion $A \vee B$ darstellt und endlich ein spontan aktives Neuron O, das vom Neuron A gehemmt wird, die Funktion *nicht* A darstellt. Es läßt sich leicht zeigen, daß zeitliche Muster genau so gut wie räumliche Muster im Eingang auf diese Weise in einem Nervennetz dargestellt werden können. Sogar Aussagen wie „ein bestimmtes Muster des Eingangs hat sich *irgendwann* ereignet", oder „die Sinneszelle soundso war *noch nie* aktiv", Aussagen, die nicht mehr dem elementaren Aussagenkalkül angehören, lassen sich in einem McCulloch- und Pitts-Nervennetz darstellen, und zwar mit Hilfe von Neuronenkreisen, die, wenn sie einmal aktiviert werden, periodisch aktiv bleiben und also eine Art Gedächtnis darstellen.

Diese Theorie ist vor allem wegen der großen Anregung, die sie der mathematisch exakten Formulierung der Nervenvorgänge gegeben hat, wichtig (s. z.B. die Sammlung Automata Studies von Shannon und McCarthy [*17*]). Sie erwies sich jedoch als zu abstrakt, um mit experimentellen Befunden zur Deckung gebracht zu werden. Neuere Beiträge (s. das Symposion Mechanization of Thought Processes [*13*]) weisen vielfach auf die Notwendigkeit hin, räumliche und nicht nur logisch-algebraische Gegebenheiten im Gehirn zu verfolgen. Auch von dieser Seite wird man also auf die Gehirnstruktur verwiesen.

Allgemeine anatomisch-funktionelle Korrelationen

Wir stellen hier, sozusagen als ein elementares Diktionär, einige allgemeine anatomische Gegebenheiten mit den entsprechenden funktionellen Interpretationen zusammen.

1. Isolierte Einzelfaser. Signalübermittlung ohne Interferenz.

Sieht man eine solche Faser zusammen mit ihrem Ursprung an einem Nervenzellkörper im Präparat, so gewinnt man, wie bereits erwähnt, Aufschluß über die Richtung und Leitungsgeschwindigkeit der Signalübermittlung.

2. Faserbündel. Räumliche und zeitliche Parallelverschiebung eines Erregungsmusters.

Das gilt natürlich nur von Bündeln gleich dicker Fasern. Derartige Bündel, deren Faserzahl vielfach bis zur Größenordnung 1 Million geht (z.B. Sehnerv, Pyramidenbahn) spielen bekanntlich im Vertebratengehirn eine große Rolle, sehr zum Unterschied von elektrischen Maschinen (z.B. einem Fernsehapparat), in denen an vielen Stellen die ganze Information als zeitliches Muster in einen einzigen Draht gezwängt wird.

3. Verzweigte Bündel. Parallelverschiebung und Vervielfältigung eines Erregungsmusters.

Ein bekanntes Beispiel ist die Hinterwurzel des Rückenmarks, bei der sich jede Faser unmittelbar nach ihrem Eintritt in eine aufsteigende und eine absteigende Faser spaltet. Cajal (1911) hat viele weitere Beispiel als „Kollateralen" beschrieben: Kollateralen aufsteigender Bahnen zur unteren Olive, Kollateralen zur Substantia reticularis usw.

4. Lange interne Fasern der grauen Substanz. Korrelation entfernter Stellen eines Erregungsmusters.

Die Verteilung dieser Fasern stellt, in der Sprache der Rechenmaschinen, sozusagen das Programm der Erregungsverarbeitung dar. In der Großhirnrinde bilden sie (zum mindesten zum Teil) die als Baillargersche Streifen bekannten Faserschichten, mit den bekannten örtlichen Variationen der Myeloarchitektonik. Auch im Kleinhirn gibt es solche interne Fasern (Korbzellen, Golgi-Zellen, Körnerzellen). In vielen anderen grauen Massen, z.B. in der unteren Olive fehlen sie ganz.

5. Dendritenfeld. Gebiet, innerhalb dessen Erregung auf ein Neuron einwirken kann.

Die Betrachtung der Größe und Form der Gebiete, in denen sich die Dendriten eines Neurons verzweigen, bringt eindrucksvolle Unterschiede ans Licht (Fig. 2, Fig. 4). Die Größe variiert, beim Menschen z.B., zwischen etwa 50 μ (sog. Körnerzellen) und einigen tausend μ (Riesenpyramidenzellen). Die Form ist oft kugelig, sie kann aber auch langgestreckt oval oder keulenförmig (Großhirnrinde) sein oder einer mit der Spitze eines Kegels verbundenen Kugel ähneln (Pyramidenzellen der Großhirnrinde) oder einer flachen rechteckigen (Purkinje-Zellen des Kleinhirns) oder flachen runden Schachtel (Golgi-Zellen des Kleinhirns). Funktionszusammenhänge im Nervensystem als Relation zwischen Dendritenfeldern und Terminations-

feldern (s. unten) zu beschreiben, führt uns über zwei große Schwierigkeiten in der Beschreibung der Funktion von Nervenzellverbänden hinweg. Erstens erübrigt es sich dabei, auf einzelne Synapsen, d.h. elementare axodendritische Kontakte einzugehen, was sinnlos erscheint, da ja Erregung immer in größeren Gebieten auftritt, nämlich jeweils in einem ganzen Terminationsfeld. Zweitens wird es einem klar, daß die elementare Aussage eines Neurons nicht nur eine kombinatorische Aussage über die afferenten Neuronen ist, sondern immer auch eine elementare geometrische Aussage, nämlich über die Form und Größe des Gebietes, innerhalb dessen die Summation stattgefunden hat.

6. Terminationsfeld (Gebiet der terminalen Axonverzweigungen). Gebiet, innerhalb dessen ein Neuron Erregung produziert.

Wie man die Gesamtheit der afferenten Synapsen eines Neurons als Dendritenfeld beschreiben kann, so kann man auch die efferenten Synapsen als (axonales) Terminationsfeld beschreiben. Auch bei diesen Feldern variiert Form und Größe innerhalb weiter Grenzen sowie auch die Dichte der Axonverästelung innerhalb eines Feldes (Fig. 2, Fig. 4). Es gibt sphärische, zylindrische (spezifische afferente Fasern zur Großhirnrinde), konische (afferente Fasern zur unteren Olive), rotationsellipsoidförmige (Pyramidenzellen der Großhirnrinde), flächenhaft ausgedehnte (Golgi-Zellen der Kleinhirnrinde) und fadenförmige (Parallelfasern des Kleinhirns) Terminationsfelder. Am Beispiel der Parallelfasern der Kleinhirnrinde soll später gezeigt werden, daß man bei solchen ausgedehnten Terminationsfeldern gelegentlich auch die Geschwindigkeit der Leitung innerhalb eines Feldes in Betracht ziehen muß. Das trifft allerdings auch für größere Dendritenfelder zu, obgleich der Begriff der Leitungsgeschwindigkeit bei Dendriten nicht so leicht definierbar ist.

7. Symmetrietyp der grauen Substanz. Symmetrie der funktionellen Beziehungen zwischen den Elementen.

Nervenzellaggregate sind keineswegs so regelmäßig geometrisch gebaut wie Kristallgitter. Doch kann man auch bei ihnen gewisse Symmetrieeigenschaften feststellen, wenn man sich auf das operative Kriterium beruft, welche Klassen von Schnittrichtungen ununterscheidbare histologische Präparate liefern. So gewinnt man bei einem völlig unausgerichteten Ganglion bei jeder Schnittrichtung dasselbe histologische Bild, entsprechend der vollen Symmetrie des Raums (für die allgemeine Definition des Symmetriebegriffs berufen wir uns auf H. WEYL [*18*]). Bei einem Stück grauer Substanz vom Kortex-Typ (Großhirnrinde, Mittelhirndach bei niederen Wirbeltieren usw.) gewinnt man ununterscheidbare Präparate bei allen Schnittrichtungen, die mit einer bestimmten Achse, der histologischen Vertikalen, denselben Winkel bilden. Dies entspricht der vollen Symmetrie der Ebene, mit einer unsymmetrischen Organisation im rechten Winkel dazu. Die Kleinhirnrinde aller Wirbeltiere zeigt den Symmetrietyp der doppelten Translation eines rechtwinkligen Gitters. Alle Schnitte, die mit den beiden Hauptachsen des Gitters bestimmte Winkel bilden, sind ununterscheidbar.

Der Feststellung eines solchen Symmetrietyps entspricht jeweils eine allgemeine Aussage über die Funktion. So kann man z.B. sagen, daß die Interaktionen in der Ebene der Großhirnrinde in allen Richtungen dieselben sind (lediglich von der Distanz abhängen), während man bei der anisotropen Kleinhirnrinde mit ganz verschiedenen funktionellen Verknüpfungsweisen in verschiedenen Richtungen zu rechnen hat. In der Ebene der Großhirnrinde wie auch der Kleinhirnrinde ist jede funktionelle Beziehung symmetrisch im engeren Sinne, d.h., wenn ein Punkt A gewisse synaptische Beziehungen zu einem Punkt B hat, so hat B dieselben zu A. Senkrecht zur Ebene der Rinde (in der histologischen Vertikalen) gilt diese Symmetrie wegen der asymmetrischen Schichtung dagegen nicht.

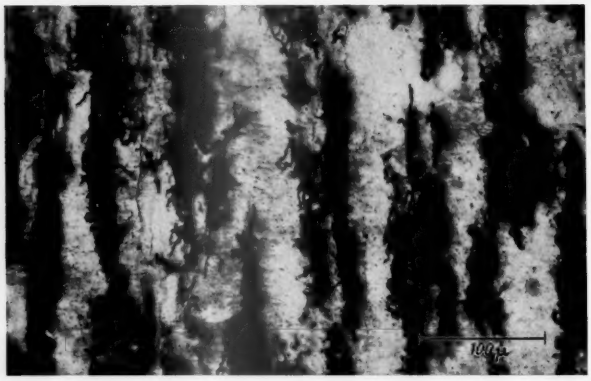
Beispiele

Mit Hilfe dieser wenigen Korrelationen gelingt es, histologische Daten in funktionelle Zusammenhänge zu übersetzen. Da unser Diktionär einige Lücken hat, sind die funktionellen Aussagen, die man dabei erhält, mit einigen unbekannten Größen behaftet. Die schlimmste Lücke betrifft die Schwelle der einzelnen Neuronen gegenüber Reizung durch andere Neuronen, über die praktisch nichts bekannt ist. Eine weitere Unbekannte stammt aus der trotz mancher Vermutungen (z.B. RETZLAFF [*16*]) bisher unmöglichen Unterscheidung von erregenden und hemmenden Synapsen. Doch gestatten bereits die Feststellungen über den Ort der Einwirkungen verschiedener Neuronen aufeinander (Überschneidung von Terminationsfeldern und Dendritenfeldern), über die Leitungsgeschwindigkeit in Fasern und über die Verteilung von Fasern verschiedener Dicke und Länge, einige Korrelationen zwischen bekannten Strukturen und Funktionen herzustellen, oder Vorhersagen unbekannter Funktionen aus der Struktur zu machen. Im folgenden zwei Beispiele.

Korrelation morphologischer Zelltypen in der Retina des Frosches mit elementaren sensorischen Kategorien (LETTVIN, MATURANA, MCCULLOCH u. PITTS ([*10*], [*12*]). Diese Studie enthält die direkteste uns bekannte Korrelation zwischen elementaren physiologischen Gegebenheiten (elektrische Ableitung von Einzelfasern) und histologischen Gebilden der Art, wie wir sie in unserem Diktionär beschrieben haben. Die Vielgestalt der Neuronen in der sog. Ganglienzellschicht der Retina ist seit langem bekannt (die Retina des Frosches s. bei CAJAL [*3a*]). Ihre Axone gehen in den Sehnerv ein. Mit Mikroelektroden gelingt es, im Sehnerv eines wachen Frosches Potentiale von Einzelfasern abzuleiten, während verschiedene Objekte im Sehfeld des entsprechenden Auges dargeboten werden. Es erweist sich dabei, daß für jede Faser nicht nur eine Ortspezifität besteht, sondern auch eine Qualitätsspezifität, da man verschiedene Arten von Fasern unterscheiden kann, die jeweils nur auf eine bestimmte, wohldefinierte Eigenheit des Objektes ansprechen. Solche Sehkategorien sind a) Hell-Dunkel-Kontrast innerhalb eines kleinen Gebietes; b) Bewegung kleiner, dunkler, eckiger oder gekrümmter Silhouetten; c) Änderung der Helligkeitsverteilung in einem größeren Gebiet; d) Dunkelwerden eines Gebietes. Uns interessieren hier besonders die Überlegungen, auf Grund derer die Verfasser zu einer überzeugenden Korrelation dieser funktionell erfaßten Typen mit histologischen Zelltypen gelangen.

Die Erregung der Stäbchen und Zäpfchen der Retina wird an eine Schar von sog. bipolaren Zellen

weitergegeben. Nach ihrer Verknüpfungsweise mit den primären Sinneszellen lassen sich zwei Haupttypen der bipolaren Zellen unterscheiden: einerseits solche, deren weit verzweigte Dendriten mit einer großen Menge von Stäbchen in Verbindung treten, und andererseits solche, die auf einem viel kleineren Gebiet Erregung von einem Büschel nahe beieinander liegender Stäbchen *und* Zäpfchen empfangen. Die Invarianz der Objektspezifität der Fasern im Sehnerv gegenüber Änderungen der Gesamthelligkeit läßt sich gut mit einer Hypothese der Verfasser in Einklang bringen, derzufolge die primären Sinneszellen ein logarithmisches Maß der Lichtintensität an die Bipolaren weitergeben, wobei ferner angenommen wird, daß die beiden erwähnten verschiedenen Verknüpfungsweisen einerseits der Summe der Erregung aller der mit einer Bipolaren verknüpften Stäbchen und andererseits der Differenz der von den Stäbchen und von den Zäpfchen auf eine Bipolare konvergierenden Erregung entsprechen. Dementsprechend repräsentieren die beiden Arten von Bipolaren zwei primäre Operationen der Bildanalyse: die Erfassung der Lichtintensität auf einem weiten Gebiet die einen, die Erfassung von scharfen Grenzen der Helligkeitswerte die anderen. Es ergibt sich nun, daß diese beiden Arten von Bipolaren ihre Axonverästelungen und somit die von ihnen produzierte Erregung an verschiedene Niveaus der inneren plexiformen Schicht weitergeben, was entsprechend der obigen Annahme soviel bedeutet, als daß dort (zumindest) zwei übereinanderliegende Abbildungen zweier verschiedener Transformationen des Eingangs stattfinden. Die Ganglienzellen, die das endgültige Ergebnis der Erregungsverarbeitung in der Retina an den Sehnerv weitergeben, lassen sich wiederum in verschiedene Typen gliedern, und zwar auf Grund der verschiedenen Beziehungen ihrer Dendriten zu den eben unterschiedenen Niveaus der inneren plexiformen Schicht. Es gibt solche, die nur ins äußere Niveau Dendriten entsenden, und andere, deren Dendriten sich ganz auf das innere Niveau beschränken. Das heißt, es gibt Fasern im Sehnerv, die nur aus der Abbildung der „Schärfen" eines Bildes in der Retina ihre Erregung beziehen, und andere, die nur über die Abbildung der Helligkeitsverteilung informiert sind. Ferner gibt es zwei Typen von Ganglienzellen, die sowohl ins obere als auch ins untere Niveau Dendriten entsenden, und zwar in verschiedener Verzweigungsweise. Sie verrechnen, entsprechend dieser Hypthese, Helligkeitswerte und Schärfen in zwei verschiedenen Weisen untereinander. Es läßt sich zeigen (was hier nicht im Detail ausgeführt werden kann), daß man in diesem Schema die oben erwähnten, im physiologischen Experiment gefundenen Sehkategorien wiederfindet. Dabei kann für jede Kategorie eine histologische Ganglienzellart angegeben werden, deren Dendriten sich in einem Gebiet ausbreiten, dessen Größe gut dem Winkel des Sehfelds entspricht, innerhalb dessen sie auf einen physiologischen Reiz anspricht.



a

b

Fig. 3a u. b. Kleinhirnrinde des erwachsenen Menschen. Mikrophotographien von zwei Golgi-Präparaten bei gleicher Vergrößerung. a Flachschnitt durch die Molekularschicht der Kleinhirnrinde. Eine große Anzahl von Dendritenbäumen von Purkinje-Zellen sind angefärbt. Welche Dendriten zu einer einzelnen Purkinje-Zelle gehören, läßt sich bei einem solchen Schnitt nicht feststellen, doch zeigt sich deutlich die viel weitere Verzweigung dieser Bäume in cranio-caudaler Richtung (vertikal in unserer Abbildung) als in der Richtung senkrecht dazu. b Frontal orientierter Schnitt durch die untere Hälfte der Molekularschicht der Kleinhirnrinde. Purkinje-Zellen sind hier ganz ungefärbt geblieben. Dagegen sieht man einige Parallelfasern mit ihrem T-förmigen Ursprung aus aufsteigenden Axonen. Die in (a) dargestellten Dendritenbäume stelle man sich in einen dichten Filz der in (b) dargestellten Parallelfasern eingebettet vor. Man vergleiche diese Mikrophotographien mit dem Schema in Fig. 4

Analyse der Kleinhirnstruktur und funktionelle Deutung als Uhr

Im Falle der Kleinhirnrinde gewinnt man durch direkte Übersetzung aus der Struktur funktionelle Erkenntnisse, die eine überzeugende teleonome Erklärung der Struktur selbst abgeben. Der experimentelle physiologische Beweis, der bisher leider noch aussteht, würde die Tragfähigkeit unserer Methode wesentlich stärken. Das Beispiel soll etwas ausführlicher behandelt werden.

Wir betrachten nur solche anatomische Eigenheiten des Kleinhirns, die bei allen Wirbeltieren (soweit sie untersucht wurden) vorhanden sind und die deshalb als wesentliche Träger der Kleinhirnfunktion gelten können [*2*]. Solche sind (Fig. 3a u. b, Fig. 4):

1. Alle efferenten Fasern der Kleinhirnrinde stammen aus den flach schachtelförmigen Dendritenfeldern (beim Menschen sind die Seitenverhältnisse ungefähr 10:10:1) der sog. Purkinje-Zellen, die mit ihrer Hauptebene senkrecht zur Transversalachse stehen. Benachbarte Dendritenfelder überschneiden sich nicht (sehr zum Unterschied von der Großhirnrinde und den meisten anderen grauen Strukturen).

2. Diese Dendritenfelder sind eigebettet in einen Filz von sehr dünnen (etwa 0,2 µ) und langen (5 bis 10 mm) nackten Fasern, die genau senkrecht zur

Hauptebene der flachen Schachteln, also transversal orientiert sind und wegen ihres untereinander streng parallelen Verlaufs als Parallelfasern bekannt sind. Jede Parallelfaser stellt das Terminationsfeld einer Körnerzelle dar. Jede Parallelfaser fädelt, eines nach dem anderen, über hundert Dendritenfelder von Purkinje-Zellen auf.

3. Ein afferentes Fasersystem, die Moosfasern, erreicht die efferenten (Purkinje-)Zellen auf dem Umweg über die Körnerzellen-Parallelfasern. Jede Moosfaser wirkt auf diese Weise indirekt auf eine lange Reihe von Purkinje-Zellen ein.

4. Andere afferente Fasern, die Kletterfasern, haben direkte synaptische Beziehungen zu Purkinje-Zellen, und zwar so, daß jede Kletterfaser nur einer einzigen Purkinje-Zelle angehört.

5. Sofern die Kleinhirnrinde gefaltet ist (sehr auffallend z.B. bei allen Säugern, bei Vögeln, auch bei manchen Fischen), verlaufen die Falten und Furchen ausschließlich in transversaler Richtung. Es ist, als ob eine cranio-caudal verlaufende Faltung, die die flachen Schachteln der Purkinje-Zellen in einem bestimmten Winkel zueinander neigen würde, sorgfältig vermieden würde.

6. Die Kleinhirnrinde ist das einzige Stück grauer Substanz, das eine regelmäßig geordnete Struktur kontinuierlich über die Mittellinie hinweg fortsetzt.

7. Es gibt keine afferenten oder efferenten Gebiete. Überall entspringen efferente (Purkinjezell-)Axone, und überall treffen sowohl afferente Moosfasern als auch Kletterfasern ein.

Funktionelle Deutung. Daß eine und dieselbe Parallelfaser mit über hundert Purkinje-Zellen (2.) dieselben synaptischen Beziehungen hat, erscheint auf den ersten Blick sinnlos, doch steht einem in der geringen Dicke und daher geringen Leitungsgeschwindigkeit dieser Fasern eine Erklärung zur Verfügung. Tatsächlich muß man in Betracht ziehen, daß die sich in einer Parallelfaser ausbreitende Erregung verschiedene Purkinje-Zellen zu verschiedenen Zeiten erreicht. Dabei entspricht der durchschnittliche Abstand zwischen zwei benachbarten Purkinje-Zellen einer zeitlichen Verschiebung von ungefähr 0,15 msec. Auf diese Weise läßt sich auch die Flachheit der Purkinje-Zell-Dendritenfelder (1.) als eine möglichst genaue örtliche und daher zeitliche Präzisierung ihrer Position entlang der Richtung der Parallelfasern auffassen. Das Fehlen einer Faltung (5.) wird auch verständlich, und zwar als anatomische Folgerung aus der Notwendigkeit, alle Dendritenfelder parallel zu einer im Parallelfasersystem fortschreitenden Erregungsfront zu stellen. Die Verknüpfungsweise der Moosfasern mit den Purkinje-Zellen über die Parallelfasern (3.) erscheint daher als ein Mechanismus, der den Abstand (in transversaler Richtung) in eine dazu proportionale Verzögerung verwandelt. Bei einem solchen Verzögerungsapparat (delay-line in der Sprache der Rechenmaschinen) ist es wesentlich, bestimmte Abstände und daher bestimmte Verzögerungen einzeln definieren („einstellen") zu können, etwa wie man einen zukünftigen Zeitpunkt in dem geläufigsten Verzögerungsapparat, einer Weckeruhr, einstellen kann. Dazu dient im Kleinhirn ein jede Purkinje-Zelle einzeln innervierendes Fasersystem, die Kletterfasern (4.). Es ist anzunehmen, daß diese alle Dendritenverzweigungen der Purkinje-Zellen begleitenden und umschlingenden Fasern die Empfindlichkeit dieser Zellen gegenüber der im Parallelfasersystem ankommenden Erregung regeln können. Die anatomischen Charakteristika (6.) und (7.) zeigen, daß diese Zeit-Längen-Verarbeitung in der ganzen Kleinhirnrinde gilt.

Man hat also im Kleinhirn oder, genauer, in jeder transversal gestellten Lamelle der Kleinhirnrinde eine Art von Uhr vor sich, in der sich „Zeiger" (d.h. Impulse im Parallelfasersystem) mit einer bestimmten konstanten Geschwindigkeit bewegen. Ein solcher Zeiger kann an einer beliebigen Stelle (durch einen Impuls im Moosfasersystem) in Bewegung gesetzt werden. Die Zeitmesssung erfolgt sozusagen durch

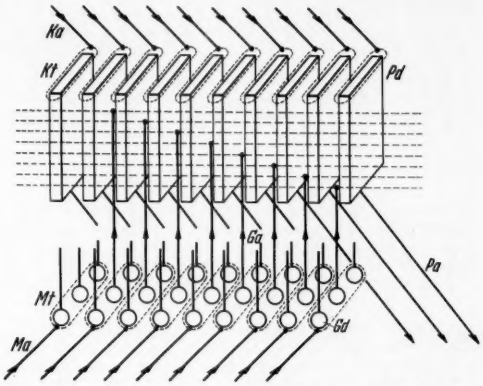


Fig. 4. Schema der Verbindungen innerhalb der Kleinhirnrinde. *Gd* Dendritenfeld einer Körnerzelle; *Ga* Axon einer Körnerzelle; *Gt* Terminationsfeld einer Körnerzelle (sog. Parallelfaser); *Ka* Kletterfaser; *Kt* Terminationsfeld einer Kletterfaser; *Ma* Moosfaser; *Mt* Terminationsfeld einer Moosfaser; *Pd* Dendritenfeld einer Purkinje-Zelle; *Pa* Axon einer Purkinje-Zelle. Die Abbildung ist stark schematisch. Die Seitenverhältnisse der schachtelförmigen Dendritenfelder der Purkinje-Zellen *Pd* sowie ihre Größe relativ zu den Dendritenfeldern der Körnerzellen *Gd* entsprechen ungefähr den beim Menschen gewonnenen Maßen. Die Terminationsfelder der Kletterfasern *Kt* hüllen in Wirklichkeit jeweils ein Dendritenfeld einer Purkinje-Zelle *Pd* ganz ein, was aus zeichnerischen Gründen nicht dargestellt werden konnte. Die Terminationsfelder der Moosfasern *Mt* hüllen in Wirklichkeit weit mehr als drei (tausende von) Dendritenfeldern der Körnerzellen *Gd* ein, die allerdings, wie dargestellt, jeweils auf einer sagittal orientierten Ebene liegen. Weitere Erklärungen siehe im Text

Befragen des Systems, was in unserer Interpretation durch Impulse im Kletterfasersystem geschieht. Ehe man sich überlegt, wie eine Uhr im Gesamthaushalt des Gehirns etwa benützt wird, empfiehlt es sich, schematisch verschiedene Verwendungsweisen eines solchen Apparats in Betracht zu ziehen. a) *Schema der Weckeruhr.* Ein Zeiger wird zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer bestimmten Stelle in Bewegung gesetzt. Gleichzeitig (oder später) wird eine andere Stelle der Uhr „eingestellt", bei deren Erreichung der Zeiger ein Signal auslöst. Wie man sich das in der Kleinhirnrinde vorzustellen hat, ist in Fig. 5 (links) schematisch dargestellt. Das Wesentliche dabei ist, daß verschiedene Stellen der Uhr relativ zu der Stelle, an der ein Zeiger in Bewegung gesetzt wird, verschiedene Zeitpunkte in der Zukunft bedeuten. b) *Schema der Stoppuhr.* Ein Zeiger wird zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer bestimmten Stelle in Bewegung gesetzt. Zu einem späteren Zeitpunkt, den es festzustellen gilt, wird die von dem Zeiger erreichte Stelle festgehalten und abgelesen. Auch dafür läßt sich leicht (Fig. 5, rechts) ein Funktionsschema in der Kleinhirnrinde entwerfen. c) *Schema der Korrelation zweier*

Abläufe. Man stelle sich anstatt einzelner Impulse im Eingang unserer Uhr zeitliche Muster von Impulsen vor. Zwei solche Muster erreichen die Uhr (das Parallelfasersystem über die Moosfasern) an verschiedenen Stellen. Es ist durchaus evident, daß dann nur die genau in der Mitte zwischen den beiden aktiven Moosfasern liegenden Purkinje-Zelle die beiden zeitlichen Muster synchron empfängt, während für alle anderen dazwischen liegenden Purkinje-Zellen verschiedene zeitliche Verschiebungen der beiden Muster zueinander auftreten. Läßt man jede Purkinje-Zelle

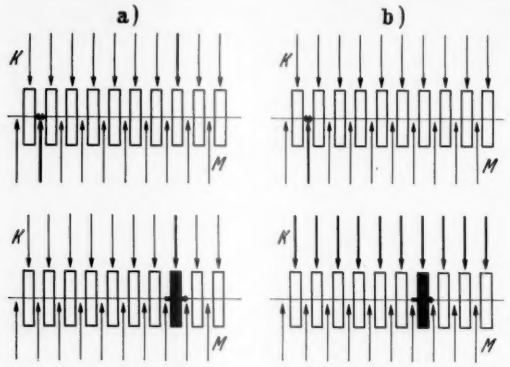


Fig. 5. Zwei Funktionsschemata der Kleinhirn-Uhr. *K* Kletterfasern; *M* Moosfasern. Dicke Pfeile: aktive Fasern; schwarze Rechtecke: aktive Purkinje-Zellen. Vgl. Fig. 4 zur Orientierung. (a) Schema der Weckeruhr. Oben: Ein Zeiger wird durch einen Impuls in einer Moosfaser in Bewegung gesetzt. Gleichzeitig wird eine entfernte Kletterfaser daueraktiviert. Unten: Nach einer der Entfernung proportionalen Zeit wird eine Purkinje-Zelle aktiv, nämlich die der daueraktivierten Kletterfaser entsprechende. — (b) Schema der Stoppuhr. Oben: Ein Zeiger wird durch einen Impuls in einer Moosfaser in Bewegung gesetzt. Unten: Zu einem späteren Zeitpunkt werden alle Kletterfasern aktiviert, wobei die einzige Purkinje-Zelle aktiv wird, bei der der Zeiger gerade angekommen ist. Ihr Abstand von der vorher aktiven Moosfaser liefert ein Maß der ververstrichenen Zeit. Dieses Schema stellt eine grobe Vereinfachung der Physiologie dar. Die Voraussetzungen für die beiden Arten der Zeit-Längen-Verarbeitung sind in der Kleinhirnrinde jedoch vorhanden

die beiden von rechts und von links herankommenden Impulsreihen miteinander multiplizieren — was physiologisch gesehen allerdings ein deus ex machina ist — und integriert man das Produkt über ein Zeitintervall, so erhält man von einer solchen Reihe von Purkinje-Zellen direkt eine Annäherung an die Korrelationsfunktion der beiden rechts und links eintretenden zeitlichen Muster.

Man könnte noch weitere Arbeitsweisen unserer Uhr skizzieren, doch wäre das unbefriedigend, da wir außerstande sind, durch zwingende Schlüsse die theoretischen Konstruktionen mit der physiologischen Wirklichkeit in Zusammenhang zu bringen. Wohl gibt es elektrophysiologische Experimente, die bei elektrischer Reizung außerhalb des Kleinhirns und Ableitung in der Kleinhirnrinde beim Frosch außergewöhnlich lange Latenzen nachweisen (bis zu 260 msec, Calne [*4*]), ein Befund, der deutlich auf einen Verzögerungsapparat hinweist, doch weiß man zu wenig über die Verbindungen des Kleinhirns mit anderen Organen, um dieser Uhr bei bestimmten Funktionen einen bestimmten Platz zuzuweisen. Eine Reihe von bisher recht undurchsichtigen Erfahrungen aus den Gebieten der experimentellen Physiologie und Pathologie des Kleinhirns (s. die reiche Zusammenstellung von Dow und Moruzzi [*5*]) kann jedoch unter dem Gesichtspunkt der Zeitmessung und der zeitlichen Ordnung der Signale in ein neues Licht gerückt werden, so z. B. die Rolle des Kleinhirns bei der Koordination komplizierter Bewegungen wie das Zuspringen auf eine Beute, das Schreiben von Buchstaben oder das Spielen von musikalischen Instrumenten, bei denen die genaue Definition der Zeitintervalle offensichtlich eine Hauptrolle spielt.

Schlußbemerkung

Dieser Aufsatz wurde in bewußter Antithese zu dem Mißtrauen geschrieben, das man gelegentlich der funktionellen Interpretation biologischer Formen entgegenbringt. Sein Zweck ist erreicht, wenn die Legitimität der vorgeschlagenen Methode für das Nervensystem glaubhaft gemacht wurde. Wenn auch manchen Schlüssen von der Struktur auf die Funktion, solange das morphologisch-funktionelle Diktionär noch unvollständig ist, keine endgültige Beweiskraft zusteht, so dürfen unsere Ansätze doch zumindest als propädeutisch für eine spätere Periode der Erforschung des Gehirns gelten, in der, nach der Klärung der Physiologie der einzelnen Synapse, die Frage nach der Funktion von Neuronenverbänden zum Hauptproblem avancieren wird. Es müssen dann Fragen nach der Verknüpfungsweise der einzelnen Neuronen gestellt werden, die ganz in das Gebiet einer funktionellen Neuroanatomie der grauen Substanz fallen.

Literatur

[*1*] Barron, D. H., u. B. H. C. Matthews: J. Physiology **92**, 276 (1938). — [*2*] Braitenberg, V., u. R. P. Atwood: J. Comp. Neurol. **109**, 1 (1958). — [*3*] Cajal, S. Ramon y: a) Die Retina der Wirbeltiere. Wiesbaden: J. F. Bergmann 1894. — b) Histologie du système nerveux. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones cientificas 1952. — [*4*] Calne, D. B.: J. Physiology **146**, 459 (1959). — [*5*] Dow, R. S., u. G. Moruzzi: The Physiology and Pathology of the Cerebellum. Minneapolis: University of Minnesota Press 1958. — [*6*] Gasser, H. S., u. J. Erlanger: Amer. J. Physiol. **80**, 522 (1927). — [*7*] Hassenstein, R., u. W. Reichardt: Z. Naturforsch. a) **8b**, 518 (1953); b) **11b**, 513 (1956). — [*8*] Howland, B., J. Y. Lettvin, W. S. McCulloch, W. Pitts u. P. D. Wall: J. Neurophysiol. **18**, 1 (1955). — [*9*] Hursh, J. B.: Amer. J. Physiol. **127**, 131 (1939). — [*10*] Lettvin, J. Y., H. R. Maturana, W. S. McCulloch u. W. H. Pitts: Proc. I.R.E. **47**, 1940 (1959). — [*11*] McCulloch, W. S., u. W. H. Pitts: Bull. Math. Biophys. **5**, 115 (1943). — [*12*] Maturana, H., J. Y. Lettvin, W. S. McCulloch u. W. Pitts: J. Gen. Physiol. **43**, 126 (1960). — [*13*] Mechanization of Thought Processes (Symposium) London: Her Majesty's Stationery Office, 1959. — [*14*] Rall, W.: a) J. Cell. Comp. Physiol. **46**, 373 (1955); b) Exp. Neurology **1**, 491 (1959). — [*15*] Renshaw, B.: Amer. J. Physiol. **146**, 443 (1946). — [*16*] Retzlaff, E.: J. Comp. Neurol. **107**, 209 (1957). — [*17*] Shannon, C. E., u. J. McCarthy: Automata Studies. Princeton: Princeton University Press 1956. — [*18*] Weyl, H.: Symmetry. Princeton: Princeton University Press 1952.

Sezione di Cibernetica, Scuola di Perfezionamento in Fisica Teorica e Nucleare, Universitá di Napoli

Eingegangen am 11. November 1960

Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

Über eine Anordnung zur Direktumwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie

Die direkte Umwandlung thermischer Energie in elektrische Energie ist zur Zeit Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Neben den Halbleiter-Thermoelementen[1]) sind Anordnungen vorgeschlagen worden[2–7]), die zum Teil im Hochvakuum, zum Teil in stark verdünnten Gasräumen durch thermische Elektronenemission Wärmeenergie in elektrische Energie überführen. Diese Anordnungen werden vielfach als Energiekonverter oder — bei Verwendung von Gasen oder Dämpfen — als Plasma-Thermoelemente bezeichnet. Die Wirkungsweise solcher Energiekonverter besteht darin, daß bei einer Diode aus der Glühkathode mit großer Austrittsarbeit (φ_K) Elektronen emittiert werden, die von einer Anode kleiner Austrittsarbeit (φ_A) aufgefangen werden. Die so entstehende negative Kontaktpotentialdifferenz ($\varphi_A - \varphi_K$) zusammen mit der Anlaufspannung der emittierten Elektronen bewirken eine nutzbare Ausgangsspannung der Diode in der Größenordnung 1 V.

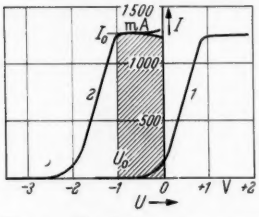


Fig. 1. Kennlinien einer gasgefüllten Diode mit Hilfsentladung. Anodenmaterial: Silber (Kurve 1), Silber nach Oxydieren und Formieren mit Caesium (Kurve 2)

Um große Werte für den Ausgangsstrom zu erzielen, muß die Raumladung der Elektronen weitgehend kompensiert werden. Dies wird erreicht durch kleinen Elektrodenabstand (0,01 mm) oder durch positive Ionen.

Im Gegensatz zu den bisher bekannten Anordnungen weist nun die vom Verfasser erdachte und erprobte Ausführungsform folgende Merkmale auf: Als Kathode findet eine indirekt geheizte BaO-Glühkathode Verwendung. Sie wirkt als Hauptkathode. Die Anode besteht aus einer halbleitenden Schicht. Sie kann beispielsweise die Struktur einer Photokathode des Typs [Ag] — Cs_2O, Cs, Ag, — Cs haben mit der ihr eigenen kleinen Austrittsarbeit[8]). Die positiven Ionen einer Hilfsentladung zwischen der Hauptkathode und einer sehr kleinen Hilfsglühkathode in Argon oder Krypton bei einem Füllgasdruck zwischen 0,2 und 0,6 Torr dienen zur Kompensation der Elektronenraumladung vor der Hauptkathode. Der Ausgangsstrom ist unter diesen Umständen abhängig von Strom und Brennspannung dieser Hilfsentladung. Er wird begrenzt durch die Eigenemission der Hauptkathode.

In Fig. 1 wird die Auswirkung des Formiervorganges an der Anode veranschaulicht. Kurve 1 stellt eine Charakteristik dar mit reinem Silber als Anodenmaterial. Kennlinien dieser Art werden auch beim Plasmatron[9]),[10]) — einer stetig steuerbaren gasgefüllten Verstärkerröhre — gemessen. Während des darauf folgenden Formiervorgangs verschiebt sich nun die Kennlinie nach links und nimmt schließlich den in Kurve 2 angegebenen Verlauf an. Das schraffiert eingezeichnete Rechteck kann als optimale Ausgangsleistung entnommen werden.

An Konvertern der beschriebenen Ausführungsform können mit Sicherheit folgende Werte gemessen werden:

Heizleistungsbedarf der Kathode	$N_H = 14$ W
Optimale Ausgangsleistung	$N_A = 1{,}3$ W
Ausgangsstrom	$I_0 = 1{,}3$ Amp
Ausgangsspannung	$U_0 = 1{,}0$ V.

Von der Ausgangsleistung werden für die Heizung der direkt geheizten Hilfskathode $N_{H1} = 70$ mW und für die Hilfsentladung $N_{H2} = 30$ mW entnommen. Der Wirkungsgrad der Umwandlung ist am vorliegenden Zahlenbeispiel daher

$$\eta = (N_A - N_{H1} - N_{H2})/N_H = 8{,}6\,\%\,.$$

Der Wirkungsgrad läßt sich zweifellos noch höher treiben. In Einzelfällen konnten bereits Werte von 20% gemessen werden. Als besondere Vorteile dieser Anordnung — im Vergleich zu bekannten — sind zu nennen: 1. Die niedrige Betriebstemperatur der Kathode ($T_K \leqq 900°$ C). — 2. Die Möglichkeit, durch periodisches Schalten des Hilfsentladungsstromes in Verbindung mit einem in den Außenkreis eingebauten Übertrager ausreichend hohe Ausgangswechselspannungen zu erzeugen.

Eine ausführliche Beschreibung der Vorgänge in gasgefüllten Energiekonvertern der geschilderten Art wird in Bälde an anderer Stelle erfolgen.

Institut für Gasentladungstechnik und Photoelektronik der T. H., Stuttgart

W. Bloss

Eingegangen am 21. April 1961

[1]) Joffé, A. F.: Halbleiter-Thermoelemente. Berlin: Akademie-Verlag 1957. — [2]) Moss, H.: J. Electronics 2, 305 (1957). — [3]) Hatsopoulos, G., u. J. Kaye: J. Appl. Physics 29, 1124 (1958). — [4]) Hernquist, Kanefsky u. Norman: RCA Rev. 19, 244 (1958). — [5]) Wilson, V.: J. Appl. Physics 30, 475 (1959). — [6]) Pidd, R., M. Grover et al.: J. Appl. Physics 30, 1861 (1959). — [7]) Morgulis, N., u. A. Naumovets: Fiz. tverdogo Tela 2, 537 (1960). — [8]) Kluge, W.: Z. Physik 95, 734 (1935). — [9]) Johnson, E. O., u. W. M. Webster: Proc. Inst. Radio Engr. 40, 645 (1952). — [10]) Pfender, E.: Diss. Stuttgart 1959.

Elektronenmikroskopische Ladungsbilder

Durch lichtgesteuerte Entladung elektrostatisch an der Oberfläche aufgeladener Photohalbleiter und anschließende Entwicklung mit geladenem Pigmentpulver lassen sich elektrophotographische Bilder herstellen. Im folgenden wird ein abgewandeltes, sehr einfaches Verfahren zur elektronenmikroskopischen Bildaufzeichnung mitgeteilt [s. auch [1])].

Da die Elektronen im Gegensatz zu den Photonen Ladungsträger sind, kann an Stelle des aufgeladenen Photohalbleiters eine vor der Exposition ungeladene, rückseitig metallisierte und geerdete Isolatorfolie verwendet werden,

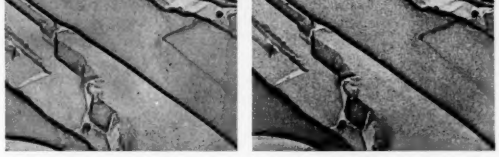


Fig. 1. Bromsilberbild (links) und Ladungsbild (rechts) einer anodisch abgebauten Nickeloberfläche. Vergr. 8700:1

welche die Photoplatte im Elektronenmikroskop ersetzt. Während der Elektronenbelichtung bindet das im Folieninneren entstehende latente Ladungsbild positive Influenzladungen in der Metallschicht. Dadurch wird das nach außen greifende Feld so klein gehalten, daß es die Bildschärfe durch Ablenkung der Strahl-Elektronen nicht beeinträchtigt.

Nach der Exposition wird die Folie aus dem Elektronenmikroskop herausgenommen und eine Mischung von Pigmentpulver (Toner) mit Glas- oder Metallkügelchen (Tonerträger) darüber hinweggerollt. Dabei laden sich durch Reibung die Tonerteilchen sowohl gegen die Folienoberfläche als auch gegen den Tonerträger auf. Je nach dem Vorzeichen dieser Ladungen entstehen Negative oder Positive. In einer Versuchsreihe wurden verschiedene Folienmaterialien, Toner und Tonerträger erprobt.

Fig. 1 zeigt als Beispiel rechts ein im Maßstab 1:1 reproduziertes Ladungsbild auf 150 μ dicker Azetatfolie (Strahl-

spannung 60 kV), das mit Xerox-Toner + Glaskugeln entwickelt und anschließend einige Sekunden in Trichloräthylendampf fixiert wurde. In diesem Fall entstehen direkt Diapositive mit guter Halbtonwiedergabe. Die auf die Folienrückseite aufgedampfte Metallschicht wurde nach dem Fixieren mit Tesafilm abgezogen. Links in Fig. 1 ist die umkopierte Vergleichsaufnahme auf Agfa-Agepe-Planfilm wiedergegeben.

Fig. 2 zeigt die Tiefenausdehnung des latenten Ladungsbildes. Hier wurden drei übereinandergelegte 25 μ dicke Azetatfolien mit 60 keV-Elektronen exponiert. Die obere Folie (links) liefert ein flaues, unterbelichtetes, die zweite (Mitte) ein richtig belichtetes Bild, während auf der unteren Folie (rechts) kein Bild mehr entwickelbar ist. Die 60 keV-Elektronen werden also vorwiegend zwischen 25 und 50 μ Tiefe absorbiert. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, durch Übereinanderlegen dünner Folien von z.B. 5 μ Dicke im richtigen Tiefenbereich mehrere brauchbare Bilder gleichzeitig mit einer Exposition herzustellen.

Gradation, Schwärzungsumfang und Belichtungsspielraum der Ladungsbilder lassen sich durch geeignete Wahl der

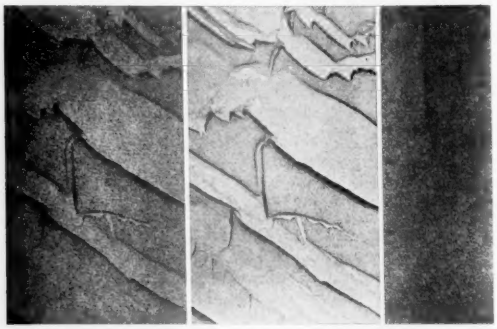


Fig. 2. Tiefenausdehnung des latenten Ladungsbildes. Erläuterung im Text. Objekt und Vergrößerung wie Fig. 1

Entwicklungsdauer und der Tonerkonzentration den Verhältnissen bei den üblichen photographischen Schichten anpassen. Die Empfindlichkeit bei den bisher angewandten Entwicklungsmethoden entspricht etwa der sehr feinkörniger Bromsilberschichten. Dagegen läßt die von den Tonerteilchen herrührende Körnigkeit bis jetzt noch zu wünschen übrig. Da das latente Ladungsbild im Gegensatz zu dem latenten Bild der Bromsilberschichten vollkommen kornlos ist (die Auflösung wird praktisch nur durch die Streuung der Elektronen in der Folie begrenzt), ist zu erwarten, daß mit genügend feinteiligem Toner und eventuell Übergang zu Flüssigkeitsentwicklung sich die Körnigkeit noch erheblich verbessern läßt.

Hervorzuheben sind die Schnelligkeit des Ladungsbild-Verfahrens (bei einem Elektronenmikroskop mit Plattenschleuse liegen nicht mehr als 2 min zwischen Aufnahme und fertigem Diapositiv!) sowie der Vorteil, daß die Kunststoff-Folien nicht lichtempfindlich sind und daher Exposition und Entwicklung im Hellen erfolgen können.

Eine ausführliche Publikation mit Schwärzungskurven und theoretischen Betrachtungen zur Entwicklung erscheint demnächst in der Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie.

Laboratorium für Elektronenmikroskopie der Technischen Hochschule, Karlsruhe

LUDWIG ALBERT

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule, Karlsruhe

WALTHER JAENICKE

Eingegangen am 17. April 1961

[1]) TRILLAT, J.-J., u. Mme L. TERTIAN: C. R. Acad. Sci. [Paris] **247**, 582 (1958). — ARDENNE, M. v.: Vierter Internat. Kongr. für Elektronenmikroskopie, Berlin, 10.—17. Sept. 1958, S. 112. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960.

Zur Bestimmung der magnetischen Kristallanisotropiekonstante K_1 in den Systemen Nickelferrit-Magnetit und Magnesiumferrit-Magnetit

Bestimmungen der magnetischen Kristallanisotropie in den Systemen Nickelferrit-Magnetit[1]) und Magnesiumferrit-Magnetit[2]) sind in der Literatur schon bekannt. Abgesehen von Magnetit[3]) haben diese Arbeiten jedoch nur Untersuchungen der nickel- bzw. magnesiumreichen Seite der Systeme zum Inhalt. Dabei wurden die Werte teils nach der Drehmomentenmethode, teils mit Hilfe der ferrimagnetischen Resonanz gemessen und stimmten nicht immer überein.

Im vorliegenden Fall erfolgte in beiden Systemen eine Bestimmung der Kristallanisotropiekonstante K_1 mit Hilfe der Drehmomentmethode. Die Einkristalle einer Reihe von Zusammensetzungen $M_x^{2+}Fe_{1-x}^{2+}Fe_2^{3+}O_4$ ($M = Ni, Mg$; $0 \leq x < 1$) wurden teils nach dem Verneuil-[4]), teils nach dem Bridgman-Verfahren[5]) hergestellt und lagen als Kugeln (⌀ 3,5 bis 5,5 mm) vor, deren in verschiedenen Richtungen gemessene Abweichungen nicht größer als 1% waren. Geeignete Glühbehandlungen sorgten dafür, daß die Proben ausscheidungsfrei vorlagen; Schliffbilder bestätigten dies. Die Orientierung geschah unter Ausnutzung des Ätzglanzes und wurde durch Laue-Aufnahmen kontrolliert.

Die gleichen Proben wurden später zu chemischen Analysen[6]) und Messungen der spontanen Magnetisierung verwendet. Aus letzteren konnte entnommen werden, daß die Ni-Fe-Ferrite völlig invers vorlagen, während der Inversitätsgrad bei den Mg-Fe-Ferriten zwischen 1 (Fe_3O_4) und 0,815

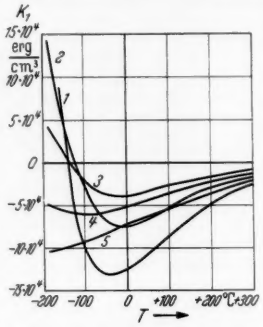


Fig. 1. Verlauf von K_1 von Ni-Fe-Ferriten mit der Temperatur. $(MO)_x(FeO)_{1-x}Fe_2O_3$. $M = Ni$. Kurve 1: $x = 0$; 2: $x = 0{,}25$; 3: $x = 0{,}5$; 4: $x = 0{,}75$; 5: $x = 1$

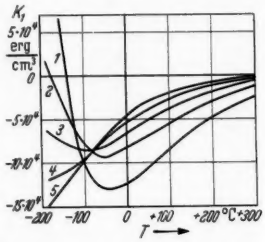


Fig. 2. Verlauf von K_1 von Mg-Fe-Ferriten mit der Temperatur. $M = Mg$. Sonst wie Fig. 1

($MgOFe_2O_3$) betrug. (Bestimmungen von K_1 in Abhängigkeit vom Inversitätsgrad wurden nicht ausgeführt.)

Die Messung der magnetischen Anisotropie wurde in der (100)-Ebene von $-185°$ C bis $+400°$ C durchgeführt und aus den Meßwerten nach den bekannten Beziehungen und unter Extrapolation auf $H \to \infty$ die Konstanten K_1 der einzelnen Zusammensetzungen berechnet. Durch Inter- bzw. Extrapolation konnten daraus die in den Fig. 1 und 2 dargestellten Kurven für einige ausgewählte Zusammensetzungen ($x = 1$; 0,75; 0,5; 0,25 und 0) bestimmt werden. Die Tabelle gibt die entsprechenden Werte für $-185°$ C, $+20°$ C und $+200°$ C wieder, wobei der Wert für Fe_3O_4 ($x = 0$) bei $-185°$ C wegen der Gittertransformation kubisch-orthorhombisch fehlt. Die Angaben sind auf 3 bis 5% genau.

Tabelle. *$K_1(x)$-Werte (in 10^4 erg/cm³) bei $-185°$, $+20°$ und $+200°$ C für $(NiO)_x(FeO)_{1-x}Fe_2O_3$ und $(MgO)_x(FeO)_{1-x}Fe_2O_3$*

x	$(NiO)_x(Fe)O_{1-x}Fe_2O_3$			$(MgO)_x(FeO)_{1-x}Fe_2O_3$		
	$-185°$	$+20°$	$+200°$	$-185°$	$+20°$	$+200°$
0	—	−11,8	−5,0	—	−11,8	−5,0
0,25	+14,25	−7,2	−2,75	+1,4	−7,75	−2,9
0,5	+3,9	−3,65	−1,65	−6,0	−5,75	−1,6
0,75	−5,0	−4,8	−2,25	−12,2	−4,8	−1,2
1	−10,6	−6,7	−3,7	−15,0	−3,9	−0,9

Eine Betrachtung der Kurven zeigt, daß die K_1-Werte bei tiefen Temperaturen mit steigendem Magnetitgehalt zu immer positiveren Werten ansteigen. Als Ursache ist der eintretende Ordnungszustand der auf den Oktaederplätzen sitzenden Fe^{2+}- und Fe^{3+}-Ionen anzusehen[7]). Bei höheren Temperaturen zeigen die $|K_1|$-Werte der Ni-Fe-Ferrite ein Minimum für $x = 0{,}5$, das bei den Mg-Fe-Ferriten wegen des niedrigen Curie-Punktes von $MgOFe_2O_3$ nicht erscheint. Es dürfte auf eine Wechselwirkung zwischen den Fe^{2+}- und M^{2+}-Ionen zurückzuführen sein. Ein ausführlicher Bericht soll an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Für ihre sorgfältige Unterstützung habe ich Fräulein H. MÖBIUS und Herrn W. SCHEIBE sehr zu danken.

Institut für Magnetische Werkstoffe der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jena

GERMAN ELBINGER

Eingegangen am 25. April 1961

[1]) YAGER, W.A., J.K. GALT u. F.R. MERRIT: Physic. Rev. **99**, 1203 (1955). — HEALY, D.W., u. R.A. JOHNSON: Physic. Rev. **104**, 634 (1956). — ELBINGER, G.: Naturwissenschaften **46**, 140 (1959). — [2]) RADO, G.T., V.J. FOLEN u. W.H. EMERSON: Proc. Inst. Electr. Engr. B **104**, 198 (1957). — FOLEN, V.J., u. G.T. RADO: J. Appl. Physics **29**, 438 (1958). — [3]) BICKFORD, L.R., J.M. BROWNLOW u. R.F. PENOYER: Proc. Inst. Electr. Engr. B **104**, 238 (1957). — [4]) ELBINGER, G.: Exp. Techn. d. Phys. **7**, 193 (1959). — [5]) SMILTENS, J.: J. Chem. Physics **20**, 990 (1952). — HARRISON, F.W.: Res. Appl. Industry **12**, 395 (1959). — [6]) KLEINERT, P.: Abh. d. DAW, Kl. Chemie, Geol., Biol. (im Druck). — [7]) WILLIAMS, H.J., R.M. BOZORTH u. M. GOERTZ: Physic. Rev. **91**, 1107 (1953).

Aufwachsungen auf korrespondierenden Spaltflächen

Werden zwei einander gegenüberstehende und sich entsprechende Spaltflächen eines Glimmerkristalls unter denselben Bedingungen angeätzt, so können die auf diesen Flächen entstehenden Einzel-Ätzgruben eineindeutig einander zugeordnet werden[1]). Es lag nahe, in ähnlicher Weise auf korrespondierenden Spaltflächen auch orientierende Aufwachsungen von Kristallen zu erzeugen. Im Zusammenhang mit einem umfangreicheren Arbeitsprogramm[2]) wurden in der angedeuteten Richtung Epitaxie-Versuche von d-Campher durchgeführt. Auch dabei konnte eine eindeutige Korrelation der orientiert aufgewachsenen Kristalle auf Gegen-Spaltflächen beobachtet werden. Ein Beispiel ist in den Aufnahmen der Fig. 1 und 2 wiedergegeben. Der d-Campher wurde auf (001) bzw. $(00\bar{1})$ von Glimmer (Trägertemperatur: 20° C) bei einer Dampfraum-Temperatur von 35,0° C aufgedampft.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 1 u. 2. Orientierte Aufwachsungen von d-Campher auf korrespondierenden Spaltflächen von Glimmer (Biotit von West-Indien). (Vergr. 60fach linear)

Ob die Aufwachsungen eineindeutig einander zugeordnet werden können, ist im Augenblick noch nicht klar zu entscheiden. In einigen Fällen ist festzustellen, daß „wild" aufgewachsene Campherkristalle keine Entsprechungen besitzen.

Es sei mit allem Nachdruck betont, daß mit diesen Untersuchungen keineswegs die Identität der für die Ätzgruben und der für die Keimbildung bei den orientierten Aufwachsungen verantwortlichen aktiven Zentren nachgewiesen ist.

Mineralogisch-Petrographisches Institut und Museum der Humboldt-Universität, Berlin

W. KLEBER und J. MIETZ

Eingegangen am 21. April 1961

[1]) PATEL, A.R., u. S. TOLANSKY: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A **243**, 33 (1957). — [2]) Vgl. z.B. KLEBER, W., u. K. MEYER: Z. anorg. allg. Chem. **296**, 164 (1958). — KLEBER, W., u. R. REINHOLD: Z. Kristallogr. **114**, 410 (1960).

Syntheseversuch von Phosphorsäure im Ultraschallfeld

Auf Grund zahlreicher Experimente[1–6]) konnte gezeigt werden, daß Ultraschallwellen auf eine und dieselbe Substanz in einem Falle oxydierend, im anderen dagegen reduzierend wirken. Ursache für diese in zwei Richtungen verlaufende chemische Wirkung von Ultraschallwellen sind H- und OH-Radikale, die während der Bildung von Kavitationsbläschen infolge der Spaltung von Bindungen in Wassermolekeln entstehen[7]). Hieraus geht hervor, daß Wasser zu Oxydations-Reduktionsreaktionen im Ultraschallfeld unbedingt notwendig ist[8]). In der vorliegenden Arbeit wurde roter Phosphor auf sein Verhalten im Ultraschallfeld, im wäßrigen Medium, in Gegenwart von Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlendioxyd untersucht.

Experimentelles. Zur Beschallung der Lösungen bediente man sich eines zylindrischen Glasgefäßes mit sehr dünnem Boden. Innerhalb des Gefäßes war eine spiralförmige Glasröhre eingebaut, die zur Durchleitung der Gase diente. Die Bodenfläche des Gefäßes stimmte mit der Fläche des schwingenden Quarzes überein (Durchmesser: 4 cm). Benutzt wurde ein Quarzgenerator mit einer Frequenz von 500 kHz und der elektrischen Leistung 8 W/ml Lösung.

Die untersuchte Probe enthielt jeweils 500 mg roten Phosphors p.a. (May and Baker/England) in 100 ml doppelt destilliertem Wasser. Die Sättigung der Lösung mit Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlendioxyd erfolgte sowohl vor als auch während der Beschallung. Die Lösungen wurden 5, 10, 15 und 20 min lang beschallt. Dabei betrug die Anfangstemperatur 21° C, die Endtemperatur nach 5 min Beschallungsdauer 26° C, nach 10 min 37° C, nach 15 min 42° C und nach 20 min 48° C.

Tabelle. *Bildung von P_2O_5 in Abhängigkeit von der Beschallungsdauer in verschiedenen Medien*

Nr.	Beschallungsdauer (min)	P_2O_5-Menge (in mg) in Wasser					
		rein	gesättigt mit				
			Sauerstoff		Wasserstoff		CO_2
			a*)	b	a	b	b
1	5	2,5	2,5	0,5	0,5	0,0	0,0
2	10	2,5	2,5	1,0	0,0	0,0	0,0
3	15	3,5	4,5	1,0	1,5	1,5	0,0
4	20	4,0	4,5	1,0	2,5	2,5	0,0

*) a = vor, b = während der Beschallung.

Nach der Beschallung wurden die Proben filtriert und im Filtrat der Gehalt an Phosphaten kolorimetrisch nach der Methode von BUTIENKO und KIRSZ[9]) bestimmt. Ebenfalls wurde der Gehalt an PH_3 qualitativ nach der Methode von ZIMMERMANN mit Hilfe von Chlorogoldsäure ermittelt.

In der Tabelle sind die Phosphorsäuremengen, umgerechnet auf P_2O_5, derart angegeben, daß jede Spalte das Anwachsen von P_2O_5 in Milligramm im Verhältnis zu den Blindproben wiedergibt.

Ergebnisse. 1. Es wurde kein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Beschallung von Phosphor in reinem Wasser und in mit Sauerstoff gesättigtem Wasser festgestellt. In beiden Fällen nahm die Phosphatmenge mit der Zeit in gleicher Weise zu. Das legt die Vermutung nahe, daß Oxydationsreaktionen im Ultraschallfeld des Beiseins von Sauerstoff nicht bedürfen.

2. Wurden die Proben *vor* der Beschallung mit Sauerstoff gesättigt, so war der Phosphatgehalt höher, als wenn die Sättigung *während* der Beschallung erfolgte. Dieses läßt sich dadurch erklären, daß beim Hindurchströmen von Sauerstoff während der Beschallung Störungen im Medium auftreten und

die Bildung einer einheitlichen, stehenden Welle verhindern. Dabei sinkt die Reaktionsleistung, gegebenenfalls bis auf den Nullpunkt.

3. Die Sättigung der Proben mit Wasserstoff während oder vor der Beschallung ergab keinen grundsätzlichen Unterschied im Phosphatgehalt. In den mit Sauerstoff gesättigten Proben wurde neben Phosphaten auch PH_3 festgestellt.

4. Während der Beschallung von Phosphor in Kohlendioxydatmosphäre wurden keine Phosphate festgestellt. Kohlendioxyd bewirkt eine Brechung von Kavitationsbläschen und hemmt dadurch den Verlauf der sonochemischen Reaktion.

Institut für Allgemeine Chemie an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Olsztyn (Polen)

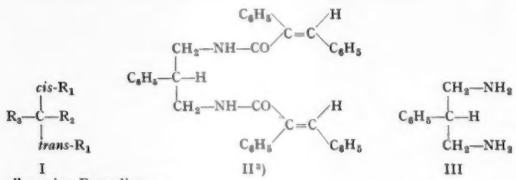
WIKTOR WAWRZYCZEK, HELENA MAJKOWSKA und JANINA SOBOCZYŃSKA

Eingegangen am 21. April 1961

[1]) VIRTANEN, I., u. N. ELLFOLK: Acta chem. scand. **4**, 93 (1950); J. Amer. Chem. Soc. **72**, 1046 (1950). — [2]) SCHMITT, F.O., C.H. JOHNSON u. R.A. OLSON: J. Amer. Chem. Soc. **51**, 370 (1929). — [3]) WEISSLER, A., H.W. COOPER u. ST. SNYDER: J. Amer. Chem. Soc. **72**, 1769 (1950). — [4]) ŁAPINSKA, J.M., u. M.A. CHENOCH: Ž. obšč. Chim. **23**, 1464 (1953). — [5]) BEUTHE, H.: Z. physik. Chem., Abt. A **163**, 161 (1933). — [6]) NOMOTO, O., u. S. OKUI: J. Phys. Soc. Japan **3**, 47 (1948). — [7]) GRABAR, P., u. R.O. PRUDHOMME: C. R. Acad. Sci. [Paris] **226**, 1821 (1947). — [8]) PRUDHOMME, R.O., u. P. GRABAR: J. Chim. physique **46**, 323 (1949). — [9]) BUTIENKO, G.A., u. N.W. KIRSZ: Zawod. Łab. **12**, 246 (1946).

Zur Kenntnis der *cis-trans*-Asymmetrie[1])

Zum Nachweis der Spiegelbildisomerie von Verbindungen des Typs I ist II geeignet.



I — allgemeine Formulierung der *cis-trans*-Asymmetrie[2]) — II[3]) — III

„Aufhänger" der geometrischen Isomeren ist das 1,3-Diamino-2-phenyl-propan (III, Kp_7 126 bis 127°, n_D^{20}: 1,5548). „Anhänger" sind die geometrischen Isomeren der α-Phenylzimtsäure, die als *cis*- und *trans*-Säurechloride[4]) (*cis*-IV, *trans*-IV) zur Umsetzung gebracht wurden.

Das aus III und *trans*-IV synthetisierte Monoamid *trans*-V wurde als Hydrogenoxalat isoliert und mit *d*-Weinsäure in l-*trans*-V und d-*trans*-V gespalten. Dem Formelschema entnehmen wir, daß l-*trans*-V bei der Reaktion mit *cis*-IV d-*cis-trans*-V liefert, d-*trans*-V mit *cis*-IV l-*cis-trans*-V. In beiden Fällen resultiert also unter Wechsel des Drehungssinns ein *optisch aktives* Reaktionsprodukt. Dagegen führten die Umsetzungen von l-*trans*-V bzw. d-*trans*-V mit *trans*-IV erwartungsgemäß zum *inaktiven trans,trans*-V, das auch direkt aus III bzw. *trans*-V erhalten werden kann (Formelschema).

Mit der Synthese der d- und l-Form von II (*cis, trans*-V) ist ein weiterer Fall molekularer Asymmetrie realisiert, für den Verfasser[5]) die Bezeichnung *cis-trans*-Asymmetrie vorgeschlagen hat.

Lehrstuhl für Biochemie, Freie Universität, Berlin-Dahlem[6])

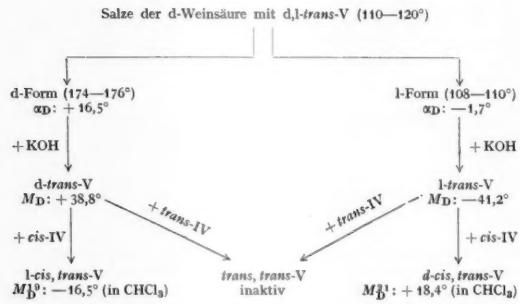
R. RIEMSCHNEIDER und A. ROOK

Eingegangen am 2. März 1961

[1]) 5. Mitt. — 4. Mitt.: Mh. Chem. **90**, 518 (1959). — 3. Mitt.: Mh. Chem. **88**, 1099 (1957). — [2]) Analog: *endo-exo-*, *syn-anti*-Asymmetrie usw., je nachdem, welche geometrisch isomeren Substituenten an einem Zentralatom (oder sonstigem Grundgerüst) die Asymmetrie verursachen. — [3]) II = *cis, trans*-V des Formelschemas. — [4]) 4. Mitt.[1]) [5]) 1. Mitt., RIEMSCHNEIDER, R.: Antrittsvorlesung an der Universität Berlin vom 5. 2. 1948. — [6]) Anschrift für den Schriftverkehr: Prof. Dr. R. RIEMSCHNEIDER, Hamburg-Blankenese, Fach 13664.

		X	Y	Schmp. °C
CH_2—NH—X	*trans*-V	*trans*-R	H	Hydrogenoxalat: 184°
C_6H_5—C—H	*cis*-V	*cis*-R	H	Hydrogenoxalat: 175—176°
CH_2—NH—Y	*trans, trans*-V	*trans*-R	*trans*-R	149—150°
	cis, cis-V	*cis*-R	*cis*-R	175—176°
	cis, trans-V (= II)	*cis*-R	*trans*-R	d,l-Form: 163—164°; d-Form: 160—161°; l-Form: 161—162°
V				

R = —CO(C_6H_5)C=CH(C_6H_5)



The Structure of C_{18}-Dehydrophytosphingosine of Peanut Phosphatides *)

C_{18} and C_{20}-phytosphingosine are well known saturated long-chain bases of plant origin[1–4]). The existence in soybean phosphatides of an unsaturated base has also been reported[5]).

We have found that the mixture of peanut phosphatides also contains an unsaturated base to which we assign the structure of trans-2-amino-1,3,4-trihydroxy-8-octadecene (I).

$$CH_3(CH_2)_8-CH=CH-(CH_2)_3-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH}-\underset{NH_2}{CH}-\underset{OH}{CH_2} \qquad (I)$$

This formula was established by the following studies. The crude long-chain base was prepared from peanut lecithin (Emulgo No. 3, Fredk. Boehm Ltd., Belvedere, Kent) by adopting the isolation procedure of CARTER et al.[2]). The crude product could be purified by crystallization from acetonitrile. By catalytic hydrogenation it consumed 49·5% of the calculated amount of hydrogen. In addition, the infrared spectrum showed the maximum at 970 cm^{-1} indicating the presence of a trans double bond. The hydrogenated base was converted into the oxalate, m.p. 200 to 202° (calcd. C 62·95, H 11·12, N 3·86; found C 63·16, H 11·21, N 3·78). Treatment of the base with benzoyl chloride in the presence of 1 N NaOH and ether yielded the N-benzoyl derivative which after purification from acetone melted at 128 to 129° (calcd. C 71·21, H 10·28, N 3·32; found C 71·05, H 10·20, N 3·18).

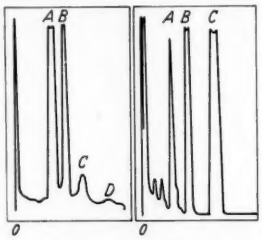


Fig. 1. Gas chromatographic record of fatty acid esters and fatty aldehyde acetals from the hydrogenated base mixture

Fig. 2. Gas chromatographic record of fatty acid esters and fatty aldehyde acetals from the unhydrogenated base mixture

Fig. 1 Fig. 2

The relative position of the functional groups, the position of the double bond and the chain length of the new base were determined by careful oxidation studies. In a series of experiments the oxidations with both periodic acid and chromic acid were applied to the purified unsaturated base, hydrogenated base and N-benzoyl derivative of the hydrogenated base. Treatment of the reaction product with methyl alcohol furnished a mixture of both fatty acid esters and the corresponding aldehyde dimethyl acetals. The mixtures of esters and acetals thus obtained were analyzed by vapor-phase chromatography in a manner described recently by PROŠTENIK and MAJHOFER-OREŠČANIN[6]). In all cases the unknown mixtures were compared with the known standards on the basis

of the retention data. Fig. 1 represents a record of esters and acetals obtained by periodic acid oxydation of the *hydrogenated* base. Column temperature: 225°. The major peaks were identified as pentadecanal dimethyl acetal (A) and methyl pentadecanoate (B) thus confirming the presence of the C_{18} base. The minor peaks C (heptadecanal dimethyl acetal) and D (methyl heptadecanoate) originate from the C_{20} base. Fig. 2 represents a record of esters and acetals obtained by chromic acid oxidation of the *unsaturated* base. Column temperature: 155°. Peaks A (dimethyl glutarate), B (decanal dimethyl acetal) and C (methyl decanoate) determine the location of the double bond.

Oxidation of the N-benzoyl dihydro base with periodic acid gave pentadecanal and N-benzoyl serinal. Permanganate oxidation of the latter followed by hydrolysis yielded serine, which was identified by paper chromatography and compared with an authentic sample (Whatman No. 1, t.-butyl alcohol : acetic acid : water 2:1:1, *Rf* 0·44).

All these data strongly confirm the structure I.

When this investigation was completed, we have read in a footnote of an article published recently by CARTER, HENDRY, NOJIMA and STANACEV[7]), that the same structure (I) has tentatively been assigned to the base isolated from *soybean* phosphatides. No experimental data are given.

Institute "Rudjer Bošković", Department of Biochemistry, Zagreb, Croatia, Yugoslavia

M. PROŠTENIK and (Mrs.) B. MAJHOFER-ORESČANIN

Eingegangen am 10. März 1961

*) Paper XX on the sphingolipids. Paper XIX: KISIĆ, A., and M. PROŠTENIK: Croat. chem. Acta **32**, 229 (1960).

[1]) REINDEL, F.: Liebigs Ann. Chem. **480**, 76 (1930). — REINDEL, F., A. WEICKMANN, S. PICARD, K. LUBER and P. TURULA: Liebigs Ann. Chem. **544**, 116 (1940). — [2]) CARTER, H.E., W.D. CELMER, W.E.M. LANDS, K.L. MUELLER and H.H. TOMIZAWA: J. Biol. Chem. **206**, 613 (1954). — [3]) ODA, T.: J. Pharmac. Soc. Japan **72**, 136, 139, 142 (1952). — [4]) PROŠTENIK, M., and N.Ž. STANAĆEV: Chem. Ber. **91**, 961 (1958). — [5]) CARTER, H.E., D.S. GALANOS, R.H. GIGG, J.H. LOW, T. NAKAYAMA, D.B. SMITH and E.J. WEBER: Fed. Proc. **16**, 817 (1957). — [6]) PROŠTENIK, M., and B. MAJHOFER-ORESČANIN: Naturwissenschaften **47**, 399 (1960). — [7]) CARTER, H.E., R.A. HENDRY, S. NOJIMA and N.Z. STANACEV: Biochim. Biophys. Acta **45**, 402 (1960).

Über die Skleroproteide der Mollusken

Im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen über Gerüstproteine und die anorganische Substanz des Wirbeltierknochens[1]) war es von Interesse, das „Conchiolin" einiger Wirbelloser zu untersuchen. Dabei sollte festgestellt werden, ob Beziehungen zwischen den Bausteinen (Aminosäuren und Zuckern) von Kollagen und Conchiolin bestehen und in welcher Weise die Mineraleinlagerung von dem organischen Gerüst beeinflußt wird.

Erste Untersuchungsobjekte waren die Schulpe der *Sepia officinalis* (os sepiae) und die entsprechenden Organe von *Loligo* bzw. *Octopus vulgaris* und *Allotheutis*. Über ihre organische Grundsubstanz ist bemerkenswert wenig bekannt[2]). Die ältere zoologische Literatur bezeichnet sie als „hornigchitinös", doch konnte von uns geklärt werden, daß die erste Eigenschaft nur morphologisch-mechanisch gemeint sein kann. Horn- und damit keratinähnliches Protein[3]) ist nicht nachzuweisen. Perameisensäure-Oxydation lieferte nach Hydrolyse des Proteins von os sepiae keine Cysteinsäure. Der geringe Schwefelanteil (etwa 0,2% des Trockengewichts nach Entkalkung) erweist sich als Sulfat, da auch kein Methionin gefunden wurde. Der Chitingehalt der Sepiaschulpe wurde durch Vergleich der Infrarotspektren mit denen von Krebschitin*) gesichert. Chitin wurde auch bei den anderen Arten stets mit Protein vergesellschaftet gefunden, selbst bei der Schale des Loligo vulgaris, die als recht reines Chitin angesehen wird[4]).

Die in Wasser und 2%iger Ameisensäure unlöslichen Skleroproteide (gegebenenfalls nach Entkalkung mit Ameisensäure oder EDTA) sind sicher nicht einheitlich. Sie enthalten Kohlenhydrate und Phenole, die wahrscheinlich die Vernetzung bewirken und sich nicht ohne drastische Maßnahmen entfernen lassen. Nach Behandlung mit wasserfreiem Formamid (3mal 24^h, 135°) enthielt das so gewonnene strukturierte Polysaccharid (vorzugsweise Chitin) stets noch etwa 1% Protein.

Nach saurer Hydrolyse (6 N · HCl, 24 h, 105°, 10000 Teile, keine Huminbildung) findet man neben etwa 98% Glucosamin (aus dem innig mit dem Protein verbundenen Chitin) vier weitere Elson-Morgan-positive Verbindungen, die sich an einer DOWEX-50-Säule trennen und die nicht durch sekundäre Reaktionen des Glucosamins entstanden sein könnten. Weiterhin lassen sich mindestens sechs saure aromatische Substanzen durch Ionenaustausch trennen, für Purin- oder Pyrimidinbasen findet man keinen Anhaltspunkt.

Die quantitative Aminosäureanalyse[5]) ist besonders bemerkenswert, weil die Hälfte oder mehr aller Bausteine aus Hydroxy- oder Carboxy-Aminosäuren besteht, die zur Esterbildung befähigt sind. Hydroxyprolin ist nicht oder mit weniger als 0,05% des Gesamt-N vertreten. Eine noch unbekannte saure aliphatische ninhydrinaktive wurde in allen Hydrolysaten beobachtet.

Die Verteilung der Aminosäuren gleicht keinem anderen bekannten Protein, jedoch ist durch den hohen Anteil von sauren (Asparaginsäure) und hydroxylhaltigen (speziell Serin) Aminosäuren und dem Vorliegen von 15 bis 25% Glycin und Alanin eine funktionelle Beziehung zum Kollagen unverkennbar. Die Ähnlichkeit des Aminosäurespektrums dieser Mollusken-Skleroproteide untereinander und ihre gemeinsame Funktion als Schalenbildner berechtigt, sie zu einer neuen Proteinklasse, den „Conchagenen"**) zusammenzufassen. Auch die Beziehung zu den Kollagenen ist dadurch ausgedrückt, die untermauert wird durch die färberischen Eigenschaften. Feingeweblich finden sich Strukturen, die sich bei verschiedenen Färbemethoden ähnlich wie die Grundsubstanz des kollagenen Bindegewebes der Säugetiere verhalten. Histologisch-histochemische Befunde[6]) und biochemische Daten werden in Einzelheiten am anderen Ort veröffentlicht. "While all of the invertebrate scleroproteins bear some similarity to known vertebrate scleroproteins, it is obvious from their staining behavior and from the results obtained with physical methods that there is considerable diversity and a great deal yet to be learned about them"[2]).

Eine uns soeben zur Kenntnis gelangte interessante Arbeit von R.H. HACKMAN[7]) berichtet über den papierchromatographischen Nachweis von Cystin/Cystein bei Loligo sp. (skeletal pen) und sepia (shell). Wahrscheinlich ist die Probenvorbereitung eine andere. Die an das Chitin bevorzugt gebundene Asparaginsäure entspricht unseren Befunden eines hohen Asparaginsäuregehaltes in dem Conchagen[8]).

Herrn Professor Dr. K. THOMAS sei herzlich für die Förderung dieser Arbeit gedankt, Fräulein G. BERNHARD für die Präparation der Organe an der stazione zoologica (Neapel) und G. BERNHARD, M. GRÜNE, R. HILLEBRECHT, L. PREIS und W. RIEN für experimentelle Mitarbeit, für wertvolle Diskussionen den Herren Professoren PIEPHO, KRÖNING und SCHLOTE.

Medizinische Forschungsanstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Göttingen

HERMANN STEGEMANN

Eingegangen am 31. Mai 1961

*) Eine Probe davon verdanke ich Herrn Dr. H. J. EINBRODT.
**) concha, lat.: Muschel-, Schnecken-Schale.

[1]) STEGEMANN, H., u. G.F. JUNG: Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. **320**, 272 (1960). — [2]) COWDEN, R.R.: Int. Rev. Cytology **9**, 369 (1960). — [3]) PENDL, I.: Hoppe-Seyler/Thierfelder, Bd. IV/1, S. 481, 10. Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. — [4]) FOSTER, A.B., u. J.M. WEBBER: Advances Carbohydrate Chem. **15**, 373 (1960). — [5]) STEGEMANN, H.: Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. **319**, 87 (1960). — [6]) STRECKER, F.J., u. H. STEGEMANN: In Vorbereitung. — [7]) HACKMAN, R.H.: Austral. J. Exp. Biol. Med. Sci. **13**, 568 (1960). — [8]) STEGEMANN, H., u. G. BERNHARD: Mikrochim. Acta (im Druck).

Die begrenzende Rolle der Hexokinase-Reaktion für die anaerobe Glykolyse der roten Blutzellen

In letzter Zeit wird die Regulation des Zwischenstoffwechsels von verschiedenen Aspekten her erforscht. Von besonderem Interesse ist die Feststellung des begrenzenden Schrittes, des Schrittmachers[1]), einer Stoffwechselkette.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung des Stoffwechsels der roten Blutkörperchen, die uns als besonders geeignetes Objekt zum Studium der Reifung und der Stoffwechselregulation erscheinen, haben wir die Frage des begrenzenden Schrittes der anaeroben Glykolyse untersucht und sind zu dem Schluß gekommen, daß die Hexokinasereaktion, und zwar auf Grund der begrenzenden Aktivität des Enzyms, den Schrittmacher der Glykolyse darstellt. Direkte und indirekte Beweise dafür sind:

1. Die Erythrozyten verschiedener Tierarten haben unterschiedliche Glykolyseraten und Hexokinaseaktivitäten. Es besteht sowohl annähernde Gleichheit zwischen der Glyko-

lysekapazität und der Hexokinaseaktivität für jedes gegebene Blut als auch weitgehende Parallelität zwischen beiden Prozessen bei den einzelnen Tierarten[2],[3]. — 2. Beim Übergang vom Reticulozyten zum Erythrozyten nimmt die anaerobe Glykolyse um etwa eine Größenordnung ab. Auch hier besteht analoges Verhalten der Hexokinase. — 3. Bei genauen, unter p_H-statischer Kontrolle durchgeführten Messungen der p_H-Abhängigkeit der Hexokinaseaktivität und der Glykolysekapazität findet man Übereinstimmung im p_H-Optimum, das bei 8,1 liegt, und gleichartigen Kurvenverlauf[4]. — 4. Von allen Glykolyseenzymen zeigt die Hexokinase die geringste Aktivität[5]. — 5. Ernährungsbedingte Abnahme der Magnesiumkonzentration der Erythrozyten geht mit einer Abnahme der Glykolyse, im Einklang mit der Magnesiumabhängigkeit der Hexokinase, einher[6].

In der Literatur wurden bisher verschiedene Möglichkeiten für die anaerobe Glykolysebegrenzung diskutiert, jedoch liegen erst vereinzelte systematische Untersuchungen vor. DICKENS[7] äußerte die Ansicht, daß die Kapazität der anaeroben Glykolyse nicht durch Enzyme, sondern vielmehr durch Coenzyme, Metabolite oder durch die Zugänglichkeit der Enzyme in der Zelle begrenzt wird. BECK[8] fand in systematischen Untersuchungen der aeroben Glykolyse der Leukozyten ein Enzym, die Hexokinase, als begrenzenden Schritt. Da unter seinen Bedingungen kein Pasteur-Effekt festgestellt wurde, ist anzunehmen, daß seine Schlußfolgerungen auch bei der anaeroben Glykolyse zutreffen. WU und RACKER[9],[10] machten bei Untersuchungen an Aszitestumoren das Angebot von anorganischem Phosphat für die Glykolysebegrenzung verantwortlich. Bei Versuchen mit Hela-Zellen führte WU[11] die Glykolysebegrenzung je nach den Versuchsbedingungen auf Phosphofruktokinase oder auf das anorganische Phosphat in der Triosephosphatdehydrogenase-Reaktion zurück. GRIGNANI und LÖHR[12] vermuteten auf Grund der Messung von Enzymaktivitäten der roten Blutkörperchen des Menschen den begrenzenden Faktor in der Hexokinase. Es sei jedoch betont, daß Messungen an Homogenaten und an isolierten Enzymen keine bindenden Schlüsse auf die Stoffwechselregulation einer intakten Zelle zulassen. Dies wird an anderer Stelle ausführlich diskutiert.

Physiologisch-chemisches Institut der Humboldt-Universität, Berlin (Direktor: Prof. Dr. Dr. S. RAPOPORT)

S. RAPOPORT, U. HINTERBERGER und E. C. G. HOFMANN

Eingegangen am 24. April 1961

[1]) KREBS, H. A., u. H. L. KORNBERG: Ergebn. Physiol., biol. Chem. exp. Pharmakol. **49**, 212 (1957). — [2]) BRÜNING, E.: Diss. Humboldt-Univ. Berlin 1959. — [3]) HINTERBEGER, U., E. OCKEL, W. GERISCHER-MOTHES u. S. RAPOPORT: Acta biol. med. germ. (im Druck). — [4]) HINTERBERGER, U., W. GERISCHER-MOTHES, D. SUCKROW u. S. RAPOPORT: Acta biol. med. germ. (im Druck). — [5]) Unveröffentl. Ergebnisse, Humboldt-Univ., Berlin 1959. — [6]) SYLLM-RAPOPORT, I., I. STRASSBURGER u. S. RAPOPORT: Acta biol. med. germ. **5**, 596 (1960). — [7]) DICKENS, F.: In J. B. SUMNER u. K. MYRBÄCK, The Enzymes, Vol. II, Part 1, p. 674. New York: Academic Press 1951. — [8]) BECK, W. S.: J. Biol. Chem. **232**, 251 (1958). — [9]) WU, R., u. E. RACKER: J. Biol. Chem. **234**, 1029 (1959). — [10]) RACKER, E., u. R. WU: Ciba Foundation Symposium 1959, p. 205. — [11]) WU, R.: J. Biol. Chem. **234**, 2806 (1959). — [12]) GRIGNANI, F., u. G. W. LÖHR: Klin. Wschr. **38**, 796 (1960).

Zur Bildung von Aldehyden bei der UV-Bestrahlung der Haut des Menschen

Die Wirkung energiereicher Strahlung auf organisch-organisierte Materie, eine in mehrfacher Hinsicht aktuelle, sehr interessierende und heuristisch bedeutsame Frage[1], ist von uns speziell im Hinblick auf die Bildung von Aldehyden untersucht worden. Modellversuche mit gesättigten Fettsäuren[2], mit Aminosäuren und mit Kohlenhydraten ergaben in Erweiterung der bisherigen Literaturangaben, daß durch ^{60}Co-γ- und durch UV-Strahlung — beide Strahlenarten entfalten eine der Intensität nach zwar unterschiedliche, sonst aber grundsätzlich gleichartige Wirkung — Aldehyde gebildet werden.

Nachweis und quantitative Bestimmung solcher Carbonylverbindungen erfolgen nach der selbst ausgestalteten Methode mit 2-Thiobarbitursäure (TBS). Dieses Reagenz liefert mit aldehydischen Substanzen — nicht jedoch mit Ketoverbindungen — bei ausgewählt optimalen Reaktionsbedingungen in wäßrig-essigsaurem Milieu in sehr empfindlicher Weise Kondensate unter Ausbildung stabiler Färbungen mit charakteristischen Absorptionsmaxima[3].

Als Modell für orientierende Untersuchungen am lebenden Organismus haben wir aus praktischen Gründen die menschliche Haut gewählt. Beide Unterarme der Versuchspersonen werden mit heißem Wasser gewaschen und wieder getrocknet; der eine Unterarm wird der intensiven UV-Strahlung einer Analysenquarzlampe ausgesetzt. Anschließend werden unbestrahlter und bestrahlter Unterarm mit ätherfeuchter Watte abgerieben. Mittels des TBS-Reagenzes stellt man aus den Wattebäuschen einen Extrakt her, der zur Reaktion gebracht wird.

Die Ergebnisse (Fig. 1) lassen erkennen, daß der Gehalt an Carbonylverbindungen durch die Bestrahlung in jedem Fall signifikant verstärkt wird; die gewählte Darstellungsweise zeigt die individuelle Schwankungsbreite bei bisher 12 Personen. Die Absorptionsmaxima bei 452 und 530 mμ sind nach unseren Erfahrungen identisch mit denen von Kondensaten der TBS mit Alkanalen (452 mμ) bzw. mit Malondialdehyd (530 mμ); analoge Maxima treten nach UV-Bestrahlung von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren auf[3b].

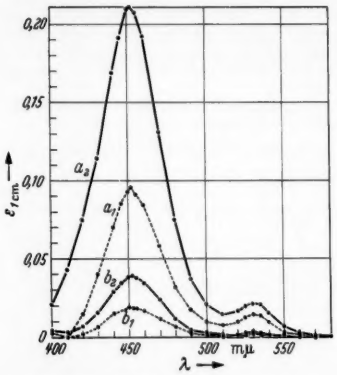


Fig. 1. Absorption von Abstrichen der Haut vor und nach UV-Bestrahlung (10 min) bei der Thiobarbitursäure-Reaktion (Grenzwerte bei 12 Vp.). — Maximale Absorption vor (a_1) bzw. nach (a_2) Bestrahlung; minimale Absorption vor (b_1) bzw. nach (b_2) Bestrahlung. — Extinktion bei 452 mμ (Mittelwerte bei 12 Personen): 0,06 vor, 0,10 nach Bestrahlung. — Eichung: 3 μg Heptanal liefern bei der TBS-Reaktion eine Extinktion von ~0,10 (gleiche Bedingungen wie Hautabstrich)

Wir glauben, daß das vorliegende Ergebnis im Hinblick auf die allgemein recht große Reaktionsbereitschaft von Aldehyden eventuell eine grundsätzliche Bedeutung für die Beurteilung von strahlenbiologischen Wirkungen primärer und sekundärer Art besitzt.

Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Institut für Ernährung in Potsdam-Rehbrücke

K. TÄUFEL und R. ZIMMERMANN

Eingegangen am 26. April 1961

[1]) BACQ, Z. M., u. P. ALDEXANDER: Grundlagen der Strahlenbiologie. Stuttgart: Georg Thieme 1958. — KUPRIANOFF, J., u. K. LANG: Strahlenkonservierung und Kontamination von Lebensmitteln. Darmstadt: Dr. Dietrich Steinkopff 1960. — [2]) TÄUFEL, K., R. ZIMMERMANN u. R. HUBER: Naturwissenschaften **47**, 355 (1960). [3]) TÄUFEL, K., u. R. ZIMMERMANN: a) Naturwissenschaften **47**, 133 (1960); b) Fette, Seifen, Anstrichmittel **63** (1961) (im Druck).

Histochemische Untersuchungen am Reizleitungssystem tierischer Herzen

Die Muskelfasern des Reizleitungssystems (RLS) unterscheiden sich in morphologischer, stofflicher und funktioneller Hinsicht von denen der Arbeitsmuskulatur. Stoffwechselmäßig ist die Situation des Erregungsleitungssystems dagegen weitgehend ungeklärt[5]. Aus diesem Grunde untersuchten wir mit histochemischen Methoden das Vorkommen und die feinere Verteilung verschiedener Atmungsfermente[1],[2] (Tabelle) und der Phosphorylase[4] in den Purkinje-Fasern von 14 Kälber, 12 Schafen und 8 Schweinen.

Alle Atmungsfermente, die histochemisch in der Arbeitsmuskulatur nachgewiesen werden können, sind auch in den Purkinje-Fasern darstellbar. Jedoch bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den in den beiden Faserarten erfaß-

Tabelle. *Ergebnisse der histochemischen Atmungsfermentnachweise an Arbeitsmuskulatur und Purkinje Fasern von Kalb, Schaf und Schwein*

	Nachgewiesenes Ferment	Arbeitsmuskulatur	Purkinje-Fasern	Überwiegend *)
Atmungskette	Cytochromoxydase	stark	schwächer	A. m.
	DPN-Diaphorase **)	stark	stärker	P. f.
	TPN-Diaphorase **)	schwach	schwach	—
Zitronensäurezyklus	Bernsteinsäure-dehydrogenase	stark	schwächer	A. m.
	Isocitrat-dehydrogenase	schwach	schwach	—
Glykolyse	Milchsäure-dehydrogenase **)	stark	stärker	P. f.
	Äpfelsäure-dehydrogenase **)	stark	stärker	P. f.
Pentosezyklus	Glucose-6-phosphat-dehydrogenase	—	—	—
Fettsäureoxydation	β-Hydroxybuttersäuredehydrogenase	stark	schwach	A. m.
	Glutamatdehydrogenase	schwach	schwach	—
	Alkoholdehydrogenase	stark	stärker	P. f.

*) Überwiegen der Reaktionsintensität in: A. m. = Arbeitsmuskulatur, P. f. = Purkinje-Fasern. — **) Die Fermentnachweise erfolgten zum Teil an Formol-Calcium-fixierten Gefrierschnitten, alle übrigen nur an unfixierten Kryostatschnitten. Elektronenakzeptor war Nitro-BT.

baren Fermentmengen. In den Purkinje-Fasern fallen stets, bzw. überwiegend die Reaktionen für Cytochromoxydase, Bernsteinsäure- und β-Hydroxybuttersäure-Dehydrogenase schwächer, die für DPN-Diaphorase, Äpfelsäure-, Milchsäure- und Alkoholdehydrogenase häufig intensiver als in der Arbeitsmuskulatur aus. Isocitrat-, Glutamat- und Glucose-6-Phosphatdehydrogenase sowie TPN-Diaphorase sind in der Herzmuskulatur von Kalb, Schaf und Schwein histochemisch kaum nachweisbar. Die Arbeitsmuskulatur der Ratte reagiert dagegen beim Nachweis der TPN-Diaphorase und der Glucose-6-Phosphat-dehydrogenase deutlich positiv.

Diese unterschiedliche Fermentausstattung der beiden Herzmuskelfaserarten bei den untersuchten Huftieren läßt auf stoffwechselmäßige Differenzen zwischen den Geweben schließen. Im Arbeitsmuskel sind in größerer Menge die Fermente nachweisbar, die dem aeroben Energiegewinn dienen. Sie befinden sich vor allem in den sarkoplasmareichen Bezirken an den Kernpolen und zwischen den Myofibrillen. Im RLS überwiegen demgegenüber die Enzyme, die der anaeroben Glykolyse oder deren Umkehr dienen. Ungeklärt ist die intensive Reaktion für DPN-Diaphorase in den Purkinje-Fasern. — Zu den weiteren Fermenten, die wir histochemisch in den Purkinje-Fasern in größeren Mengen gefunden haben, gehört die Phosphorylase. Dieses Enzym wirkt beim Ab- bzw. Aufbau von Glykogen und dürfte daher in enger Beziehung zu dem bekannten, reichen Glykogenvorkommen im RLS stehen. Schließlich ist für die Bewertung der fermenthistochemischen Befunde die Beobachtung von Wichtigkeit, daß der Abstand zwischen den Kapillaren der Purkinje-Fasern erheblich größer ist als im übrigen Herzen. Die Sauerstoffversorgung der Purkinje-Fasern dürfte daher relativ schlecht sein, eine Vermutung, die gut mit dem in der Warburg-Apparatur ermittelten relativ niedrigen Sauerstoffverbrauch dieses Gewebes übereinstimmt[3], [5]. Insgesamt vermuten wir, daß im Stoffwechsel der Purkinje-Fasern die glykolytischen Prozesse im Vordergrund stehen.

Innerhalb der Purkinje-Faser sind die bei jeder von uns untersuchten Art nachgewiesenen Atmungsfermente verschieden lokalisiert. Beim Schaf liegen sie bevorzugt unter der Zelloberfläche und in Kernnachbarschaft, d. h. an den Stellen, die nach elektronenmikroskopischen Untersuchungen relativ mitochondrienreich sind. Bei Kalb und Schwein sind alle nachgewiesenen Fermente diffus in der ganzen Purkinje-Zelle verteilt, jedoch gelegentlich an beliebigen Zellorten angereichert.

Eine ausführliche Mitteilung erfolgt in der Zeitschrift für Zellforschung.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Anatomisches Institut der Universität, Kiel (Direktor: Prof. Dr. W. Bargmann)

T. H. Schiebler

Eingegangen am 9. Mai 1961

[1]) Nachlass, M. M., D. G. Walker and A. M. Seligman: J. Biophys. Biochem. Cytol. 4, 29, 467 (1958). — [2]) Novikoff, A. B., W.-Y. Shin and J. Drucker: J. Biophys. Biochem. Cytol. 9, 47 (1961). — [3]) Murray, J. B.: Amer. J. Physiol. 177, 463 (1954). — [4]) Pearse, A. G. E.: Histochemistry. London: Churchill 1960. — [5]) Schiebler, T. H.: Z. Zellforsch. 43, 243 (1955).

Zur Korrelation der Eierstock- und Schilddrüsenfunktion

Die gegenseitigen Verbindungen der Eierstock- und Schilddrüsenfunktion manifestieren sich sowohl in physiologischen als auch in pathologischen Zuständen des Organismus. Nach unseren Untersuchungen sind die Geschlechtszyklen in weiblichen hypothyreotischen Ratten wesentlich verlängert, aber periodisch. Wir prüften, unter welchen Umständen die Verzögerung der Geschlechtszyklen der hypothyreotischen Tiere erfolgt.

Wir benutzten 90 Tiere ohne Schilddrüsen und 30 Kontrolltiere. Beide Gruppen wurden gleicherweise in zwei Teile geteilt. Damit wir die eventuellen jahreszeitlichen Unterschiede berücksichtigen können, wurde die eine Hälfte der Tiere im Frühling, die andere im Herbst operiert und untersucht. Aus den 180 bis 200 g wiegenden Tieren wurde die Schilddrüse operativ entfernt. Die Eingriffe wurden in den verschiedenen Phasen des Geschlechtszyklus durchgeführt, und zwar im Dioestrus, Oestrus und Prooestrus. Danach beobachteten wir die Veränderungen der Oestrogene im Vergleich zu den nicht operierten Kontrollen. Der Zyklus der Kontrolltiere dauerte 5,22 Tage. In jeder der operierten Gruppe verlängerte sich der Oestruszyklus, und sein Durchschnittswert stieg auf 8,71 Tage. Die Bewertung der Oestrogenveränderungen zeigte bei den drei Gruppen folgende Unterschiede.

Bei den in Dioestrus operierten 30 Tieren konstatierten wir, daß der Ruhezustand sich sofort verlängert und das dem Eingriff folgende erste Schollenstadium nach 11,80 Tagen auftritt. Der Durchschnitt der diesem Schollenstadium folgenden Zyklen ist von kürzerer Zeitdauer, sie hat einen Mittelwert von 8,71 Tagen.

Das Verhalten der im Oestrus operierten 30 Tiere ist dem im Dioestrus operierten sehr ähnlich. Der Oestrus hält nach erfolgtem Eingriff durch 24 Std an; dann entsteht — nach Ablauf der Übergangsphasen — ein längerer Dioestrus. Der erste Zyklus ist auch hier etwas länger als die folgenden Zyklen. 11,86 Tage nach dem Eingriff stellten wir das erste Erscheinen der Schollen im Scheidenabstrich fest.

Das erste Schollenstadium der in Prooestrus operierten 30 Tiere zeigte sich nach 3,75 Tagen. Ihm folgt ein längerer Ruhezustand von 11,86 Tage. Dann bildet sich auch hier die für die weitere Periode charakteristische Zyklusdauer mit einem Durchschnitt von 8,71 Tagen aus.

In unseren Untersuchungen fanden wir keinen Unterschied zwischen der Frühlings- und der Herbstgruppe.

Nach unseren Untersuchungen ist für die Oestrogenveränderungen, die in der Hypothyreose erfolgen, charakteristisch, daß ihre zyklische Tätigkeit sich verlangsamt. Diese Verzögerung erfolgt nach der Entfernung der Schilddrüse sofort, ohne jeden Übergang. Auch bei der im Prooestrus operierten Gruppe verspätet sich die Ausbildung der neuen Periodizität nur bis zur Entleerung der im Organismus schon angehäuften Oestrogene. Wir haben weder eine Anfangssteigerung (Zeichen des Hyperoestrinismus) noch eine dieser Steigerung folgende oder ohne diese entstehende langsame Abnahme beobachtet. Diese Tatsachen weisen darauf hin, daß am Zustandekommen der Verzögerung des Oestruszyklus und der veränderten Stoffwechsel der Oestrogene außer der Verbindung mit der Hypophyse auch andere Faktoren mitwirken müssen.

Pharmakologisches Institut (Direktor: Prof. Dr. T. Vályi-Nagy) *und Interne Klinik Nr. 1 (Direktor: Prof. Dr.* B. Fornet) *der Medizinischen Universität, Debrecen*

Judith Kulcsár-Gergely und András Kulcsár

Eingegangen am 5. April 1961

Neurohumoral ausgelöste Schlafzustände an Tieren mit gekreuztem Kreislauf unter der Kontrolle von EEG-Ableitungen

In einer vorangegangenen Mitteilung wurde von EEG-Untersuchungen an Tieren mit *gekreuztem Kreislauf* im Zusammenhang mit dem Elektroschock berichtet[5]). Dort wurden auch entsprechende Arbeiten über umschriebene *Reizung bestimmter Hirnabschnitte* angekündigt, mit deren Veröffentlichung hier begonnen wird.

Je zwei Katzen mit möglichst gleichem Körpergewicht wurden in ihrem Kreislauf gekreuzt (Kreuzung einer Carotis oder von beiden Carotiden). An einem der beiden Tiere wurde experimentell *Schlaf* ausgelöst. Das geschah durch lokalisierte elektrische *Hirnreizungen* nach W. R. HESS[2]) und unter Benutzung der darüber mitgeteilten Erfahrungen von R. HESS jr., W. P. KOELLA und K. AKERT[1]) [siehe auch[6])]. Mit geeigneten Nadelelektroden [nach[3])] wurden meistens der Nucl. centralis lateralis thalami und der Nucl. ventralis medialis thalami und gelegentlich diese Kerne gleichzeitig mit dem Nucl. caudatus oder auch der Nucl. caudatus allein gereizt. Außerdem wurden Reizungen der Formatio reticularis vorgenommen, die bekanntlich einen „Weckeffekt" auslösen können[7]). An beiden Katzen wurden über entsprechenden Hirnrindengebieten *EEG-Ableitungen* durch Schräubchenelektroden in der Schädelkalotte vorgenommen und gleichzeitig mit einem 12fachen Schwarzer-Elektroencephalographen registriert. Im EEG erscheinen dem Schlaf- bzw. Wachzustand zugeordnete typische Potentiale. Bisweilen verabfolgte Sinnesreize wurden markiert und der Blutdruck laufend registriert. Die bis jetzt an 12 Tieren durchgeführten Untersuchungen hatten ein gleichlautendes *Ergebnis*, das im Prinzip durch das Bild (Fig. 1) gekennzeichnet wird.

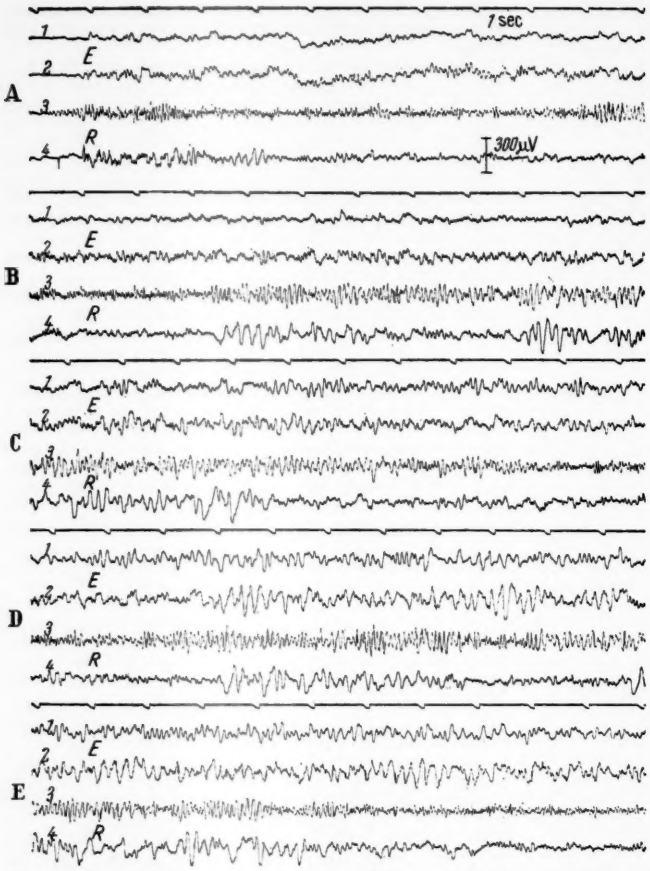


Fig. 1. Gleichzeitige Registrierungen der hirnelektrischen Potentialschwankungen von zwei Katzen mit gekreuztem Kreislauf. *3* und *4* vom Reiztier (*R*), *1* und *2* vom Empfängertier (*E*). Näheres im Text

Fig. 1 zeigt immer je vier gleichzeitige Registrierungen, von denen je zwei von einem der beiden im Kreislauf gekreuzten Tiere stammen. Die beiden oberen Ableitungen (*1* und *2*) sind vom „Empfängertier" (*E*) und die beiden unteren (*3* und *4*) vom Reiztier (*R*). Am *R*-Tier wurde der Schlaf durch elektrische Hirnreizungen ausgelöst. *1* und *3* wurden über vorderen Cortexabschnitten der beiden Tiere abgeleitet und *2* und *4* über dem okzipitalen Cortex. Die vier Ableitungen auf *A* sind unmittelbar nach einer elektrischen Reizung der oben bezeichneten Thalamuskerne des Tieres *R* vorgenommen worden (Reizgrößen: Frequenz 4/sec, Impulsdauer 15 msec, Spannung 1 V, Reizdauer 30 sec. Gleiche Reizungen waren am selben Tier vorausgegangen).

Auf der Fig. 1 zeigen sich beim Reiztier (*R*) über dem Cortex vorn (*3*) und hinten (*4*) Potentialschwankungen, die kennzeichnend sind für *Stadien des Einschlafens bzw. des Schlafes*. Siehe *3* und *4* auf *A*, *B*, *C*, *D* und *E*! Mit einer Latenz von vielen Sekunden entwickeln sich ähnliche Besonderheiten des EEGs auch an dem mit dem Reiztier im Kreislauf gekreuzten Empfängertier (*E*). Siehe *1* und *2* auf *A* bis *D*!

Das Reiztier (*R*) weist auf *A* der Fig. 1 über der vorderen Ableitestelle (*3*) Gruppen von Potentialschwankungen einer Frequenz von erst 18, dann 12/sec („Spindeln") und auf der hinteren Ableitung (*4*) einige Wellen von 6/sec auf. Zwischen *A* und *B* sind 26 sec der Registrierung weggelassen. *C*, *D* und *E* schließen pausenlos an die vorangegangene Registrierung an. Auf *B* sind an dem Reiztier auf *3* Wellen von 12/sec und auf *4* solche von 5 bis 8/sec. Das Empfängertier (*E*) läßt erst auf *C* (*1* und *2*) eindeutige Veränderungen im Sinne eines Einschlafens erkennen, was sich auf den Ableitungen *D* und *E* noch verstärkt. Die hintere Ableitestelle läßt hier am *E*-Tier Frequenzerniedrigungen auf 4 bis 5/sec erfassen. Während auf Registrierung *E* das Reiztier in der 2. Hälfte (*3* und *4*) ein „Wachbild" aufweist, zeigt das Empfängertier (*1* und *2*) noch frequenzerniedrigte hohe Wellen.

Die früheste Wirkung (Auftreten von EEGs verschiedener Schlaftiefen) am Empfängertier wurde etwa 20 bis 30 sec nach Reizbeginn beobachtet. Bei Summierung der Thalamusreize werden die Schlafeffekte an beiden Tieren stärker. Natürlich ist bei wiederholter Reizung die Beurteilung der zeitlichen Reizabhängigkeit schwieriger. Das Auftreten eines dem Schlaf entsprechenden EEG-Bildes erscheint um so bemerkenswerter, als die für das Experiment notwendigen Maßnahmen eher in gegensätzlicher Richtung wirken. — Die während des Versuches kontrollierten Blutdrucke ließen keine stärkeren Änderungen erkennen, insbesondere nicht solche, die in zeitlicher und demnach ursächlicher Beziehung zu den beschriebenen EEG-Besonderheiten stehen könnten. — Über die beobachteten Wirkungen von elektrischen Reizungen der Formatio reticularis auf das Empfängertier werden wir später berichten. Vorerst sei nur auf die einschlägige Arbeit von D. P. PURPURA[8]) verwiesen.

Zur *Interpretation* des hier mitgeteilten Befundes führen wir ein Zitat aus einer Monographie[4]) von 1947 an: „Erfahrungen der Pathologie (*v.* ECONOMO u. a.) haben ebenso wie experimentelle Untersuchungen (W. R. HESS) ergeben, daß bestimmte „Zentren" des Gehirns etwas mit dem Schlaf zu tun haben. Wir wissen, daß bei *Reizung* bestimmter Grisea Schlaf eintritt. Man kann hier sehr geneigt sein, diesen Erfolg nur als Effekt der Reizung von Ganglienzellen anzusehen. Uns scheint es nun aber wahrscheinlicher, daß durch diese Reizung indirekt oder direkt Zellen des Hüllplasmodiums oder überhaupt „neurogene Nebenzellen" in gesteigerte Tätigkeit geraten und dadurch eine sekretorische Tätigkeit dieser ausgelöst wird. Wir möchten diesen Zellen also die Produktion eines „*Schlafhormons*" als *Vermutung* zuschreiben. Dieses wird nicht nur auf die benachbarten Ganglienzellen, sondern auf dem Blutwege auch auf andere Zellen eine Wirkung entfalten" [A. E. KORNMÜLLER, 4a), S. 111; s. auch 4b)].

Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Physiologische Abteilung, Göttingen

A. E. KORNMÜLLER, H. D. LUX, KÄTHE WINKEL und M. KLEE

Eingegangen am 1. Juni 1961

[1]) HESS jr., R., W. P. KOELLA u. K. AKERT: EEG Clin. Neurophysiol. 5, 75 (1953). — [2]) HESS, W. R.: Methodik der lokalisierten

Reizung und Ausschaltung subkortikaler Hirnabschnitte. Leipzig: Georg Thieme 1932; — Zwischenhirn, Syndrome, Funktionen, Lokalisationen. Basel: Benno Schwabe. New York: Grune & Stratton 1949. — [3]) KLEE, M.: Z. ges. exp. Med. 133, 48 (1960). — [4]) KORNMÜLLER, A.E.: a) Die Elemente der nervösen Tätigkeit. Stuttgart: Georg Thieme 1947; — b) Dtsch. med. Wschr. 75, 994 (1950). — [5]) KORNMÜLLER, A.E., H.D. LUX u. K. WINKEL: Naturwissenschaften 48, 381 (1961). — [6]) MONNIER, M.: Helv. physiol. Acta 8, C7—C9 (1950). — [7]) MORUZZI, G., u. H.W. MAGOUN: EEG Clin. Neurophysiol. 1, 455 (1949). — [8]) PURPURA, D.P.: Amer. J. Physiol. 186, 250 (1956).

Zur Pathogenese der Dupuytrenschen Kontraktur

LUCK[1]) trennt in der Pathogenese der Dupuytrenschen Kontraktur primär entstehende fibromähnliche Knötchen, die allmählich schrumpfen und die eigentlichen Fingerkontrakturen verursachen sollen, von den verdickten Strängen in der Palmar- oder Plantarfascie, die proximal vor diesen Knötchen gelegen sind. Die Entstehung dieser Stränge glaubt er durch einen Analogieschluß auf die mannigfaltigen und wiederholten Fingerstreckversuche der Patienten zurückführen zu können: Durch die forcierten passiven Überstreckungen soll es zu einer funktionellen Hypertrophie der an sich gesunden Fascienpartien kommen.

Nun stehen Funktion eines bestimmten Bindegewebes und seine Struktur in einem gewissen Zusammenhang. FICK, FRICKE, GATTOW, HARTMANN und SCHWARZ[2]) fanden bei der röntgeninterferometrischen Untersuchung von funktionell beanspruchten Achillessehnen einen deutlichen Unterschied in der fibrillären Ordnung gegenüber embryonalen, noch nicht beanspruchten Achillessehnen. Die Interferogramme der unter funktionellem Zug stehenden Sehnen wiesen gegenüber dem noch nicht differenzierten embryonalen Gewebe eine unverkennbare Ordnung der Fibrillen zueinander und innerhalb der Fibrillen auf, erkennbar an sichelförmigen Reflexausziehungen.

Ein ähnliches Bild im Röntgendiagramm der Dupuytrenschen Stränge wäre unter der Voraussetzung zu erwarten, daß sie ihre Verdickung oder Hypertrophie wiederholtem Zug verdanken.

Die bei der operativen Entfernung der Palmarfascie gewonnenen proximalen Anteile der verdickten Stränge untersuchten wir röntgenographisch, wobei wir den Röntgenstrahl sowohl in der Achsenrichtung der Stränge als auch senkrecht dazu einfallen ließen, um etwaige Ordnungen in beiden Richtungen zu erfassen. Auf eine ausführliche Beschreibung der Methode soll an anderer Stelle eingegangen werden.

Unsere Diagramme boten in beiden Richtungen ein prinzipiell gleiches Bild: Neben einer diffusen Untergrundschwärzung stellten sich bei noch feuchten Präparaten vier Beugungsreflexe dar, und zwar zwei extrem diffuse bei 17,7 — 8,1 Å und 5,1 — 3,4 Å sowie zwei verhältnismäßig scharf begrenzte bei 2,9 und 2,3 Å, die nach Lage und Intensität mit den von uns bei Knochenuntersuchungen gewonnenen Hauptreflexen übereinstimmen und noch genauer identifiziert werden sollen. Die Reflexe senkrecht zur Achsenrichtung und in der Achsenrichtung sind identisch. Das bedeutet, daß keine bevorzugte Orientierung der Stränge in Abhängigkeit von der Richtung vorhanden ist.

Die ringförmige Anordnung der Reflexe auf dem Röntgenbild deutet auf eine mesomorphe Ordnung der Makromolekeln hin. Die Fibrillen sind also in allen Raumrichtungen gleichmäßig ohne Vorzugsrichtung verteilt. Eine auch nur angedeutete „kristalline" Struktur, deren Idealbild punktförmige Reflexe wären, konnte nicht ausgemacht werden.

Die Desorientierung der Fadenmolekeln und Fibrillen stimmt überein mit HARTMANNS[3]) Befund an frischem Narbengewebe, bindegewebigem Callus und einer in offenbar nur einer Richtung untersuchten Dupuytrenschen Kontraktur. Sie schließt eine funktionelle Pathogenese der Stränge im Sinne einer mechanisch bedingten Hypertrophie nach LUCK[1]) aus. Auch die Stränge scheinen also primär mit zum Krankheitsbild der Dupuytrenschen Kontraktur zu gehören, ungeachtet ihres etwaigen späteren Auftretens als die fibromähnlichen Knötchen und trotz der Tatsache, daß sie bei Fingerstreckungen einer vermehrten Zugbeanspruchung ausgesetzt sein können. Über die Ätiologie der Dupuytrenschen Kontraktur vermag die Methode der Röntgeninterferometrie nichts auszusagen.

Chirurgische Universitätsklinik, Göttingen (Direktor: Prof. Dr. H. HELLNER) *und Anorganisch-chemisches Institut der Universität, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.* O. GLEMSER)

K. J. MÜNZENBERG und G. GATTOW

Eingegangen am 12. Mai 1961

[1]) LUCK, J.V.: J. Bone Joint Surg. A 41, I, 635 (1959). — [2]) FICK, K., R. FRICKE, G. GATTOW, F. HARTMANN u. W. SCHWARZ: Z. Rheumaforsch. 19, 293 (1960). — [3]) HARTMANN, F., in W.H. HAUSS u. H. LOSSE: Struktur und Stoffwechsel des Bindegewebes, S. 53. Stuttgart: Georg Thieme 1960.

Zur Frage der Summation der kanzerogenen Strahlenwirkung bei fraktionierten Röntgenganzbestrahlungen weißer Ratten

Von chemischen kanzerogenen Substanzen ist aus zahlreichen Publikationen bekannt, daß es sich um „Summationsgifte" handelt, d.h., daß ihre krebserzeugende Wirkung irreversibel ist [Literaturzusammenfassung s. DRUCKREY und SCHMÄHL, Med Klin. 16, 648 (1960)]. Bezüglich der kanzerogenen Wirkung der Röntgenstrahlen ist man in dieser Hinsicht nicht über Vermutungen hinausgekommen. Deshalb führten wir folgendes Experiment durch. Zwei Kollektive A und B von je 110 Wistarratten erhielten fraktionierte Röntgenganzbestrahlungen mit der Gesamtdosis von 900 r. In Serie A wurden, am 100. Lebenstage beginnend, wöchentlich 6mal 10 r, insgesamt 90mal 10 r appliziert. Serie B erhielt 3mal 300 r in etwa monatlichen Abständen, nämlich am 117., 151. und 185. Lebenstag. Alle bestrahlten Ratten wurden im gleichen Raum und unter gleichen sonstigen Lebensbedingungen bis zum Spontantod gehalten. Die mittlere Überlebenszeit betrug in Serie A 24,5 Monate, in Serie B 19,5 Monate. Die Differenz zeigt an, daß bezüglich der lebenverkürzenden Wirkung der Ganzbestrahlungen eine Erholung möglich sein kann, die bei stärkerer Fraktionierung größer, bei geringerer kleiner ist. Dagegen ist der Tumorbefall beider Kollektive nahezu gleich. Die Sektionsbefunde ergaben in A 69 und in B 65 Tumorträger. Viele Tiere wiesen mehrere Blastome auf. Die Gesamtzahl der Geschwülste war umgekehrt in A mit 127 etwas kleiner als in B mit 136. Histologisch fanden sich in Kollektiv A 84 benigne Tumoren, 35 maligne (davon 5 Leukämien) und 8 semimaligne (darunter einer verwildert). Kollektiv B erbrachte 74 benigne, 34 maligne und 28 semimaligne Tumoren (davon 4 verwildert). Die Resultate beider Serien weichen quantitativ nicht wesentlich voneinander ab. Daraus ist zu schließen, daß in unserer Versuchsanordnung die kanzerogene Strahlenwirkung allein von der Gesamtdosis, nicht aber von dem Grade der Fraktionierung abhängig war. Eine Erholung von der kanzerogenen Strahlennoxe hat offenbar nicht stattgefunden; denn im Falle der Erholungsmöglichkeit müßte der Tumorbefall in Serie A mit vielen kleinen Einzeldosen geringer sein als in B mit drei hochdosierten Bestrahlungen. Vielmehr ist, analog dem Effekt der chemischen Kanzerogene, eine Summation der krebserzeugenden Strahlenschäden eingetreten.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Medizinische und Chirurgische Universitätsklinik, Freiburg i. Br.

E. STUTZ, W. HUNSTEIN und U. REINCKE

Eingegangen am 12. Mai 1961

Untersuchungen zum Phosphatstoffwechsel von Weizenkeimpflanzen nach Infektion mit *Puccinia graminis tritici*

In dem durch Infektion mit obligaten Parasiten beeinflußten Intermediärstoffwechsel der Pflanze kommt den energieübertragenden Phosphatverbindungen zentrale, steuernde Bedeutung zu. Zur Aufklärung der nach Infektion von Weizenkeimpflanzen der Sorte Little Club mit *Puccinia graminis tritici* induzierten Veränderungen wurde die Phosphatkonzentration und der Einbau von P^{32} in die Alkohol/Wasser löslichen bzw. die im Rückstand in 10% TCE/2n NaOH löslichen Phosphate verfolgt; die Alkohol/Wasser lösliche Fraktion wurde der papierchromatographischen Analyse unterworfen. Während in der Konzentration des Gesamt-P/g Trockensubstanz nur geringe, nicht gleichsinnige Veränderungen auftraten, waren im Durchschnitt von vier unabhängigen Versuchsreihen deutliche Unterschiede im Verhältnis der beiden Fraktionen festzustellen (Tabelle). Sowohl am 4. als auch am 7. Tage nach Infektion ist der Anteil der in Alkohol/Wasser löslichen Phosphate geringer, der Anteil der in TCE/NaOH löslichen Fraktion (in erster Linie Nucleinsäuren, P-Proteide) dagegen deutlich erhöht.

Nach Aufnahme von P^{32} durch abgeschnittene Primärblätter oder bewurzelte, 10 bzw. 14 Tage alte Weizenkeimpflanzen (8 Std in 1/10 Knop + 3 bis 4 μC P^{32}/ml, anschließend 8 Std in 1/10 Knop, bei 27° C, etwa 8000 Lux, 55% relative Luftfeuchtigkeit) liegt der Anteil der Gesamtaktivität, welcher in die in Alkohol/Wasser lösliche Fraktion infizierter Pflanzen eingebaut wird, bei 95% im Vergleich zu gesunden Pflanzen. Der Anteil der in TCE/NaOH löslichen Fraktion ist am 4. Tag auf etwa 165%, am 7. Tag auf etwa 145% der Kontrolle er-

Tabelle. *Anteil der in Wasser/Alkohol und der in TCE/NaOH löslichen Phosphate nach Infektion*

Nach Inf.	Fraktion	P-Gehalt in % des Ges.-P		Spez. Aktivität[c])	
		Kontr.	Infektion[b])	Kontr.	Infektion[b])
4. Tag	I[a])	86,4	83,4 (96,6)	1,920	1,882 (98,2)
	II	13,6	16,6 (122,0)	0,954	1,302 (136,5)
7. Tag	I	85,3	80,4 (94,2)	2,663	2,692 (101,2)
	II	14,7	19,6 (131,5)	1,642	1,804 (110,0)

a) Fraktion I = Alkohol/Wasser, II = TCE/NaOH. — b) Werte in Klammern: bezogen auf Kontr. = 100. — c) In Imp · 10^6/min/mg P, korrigiert für unterschiedliche Aufnahme von P^{32}.

höht. Während bei abgeschnittenen Primärblättern die Gesamtaufnahme von P^{32} nach Infektion geringer ist, nehmen bewurzelte, in 1/10 Knopscher Nährlösung angezogene, gesunde oder infizierte Keimpflanzen etwa gleiche Mengen markiertes Phosphat auf.

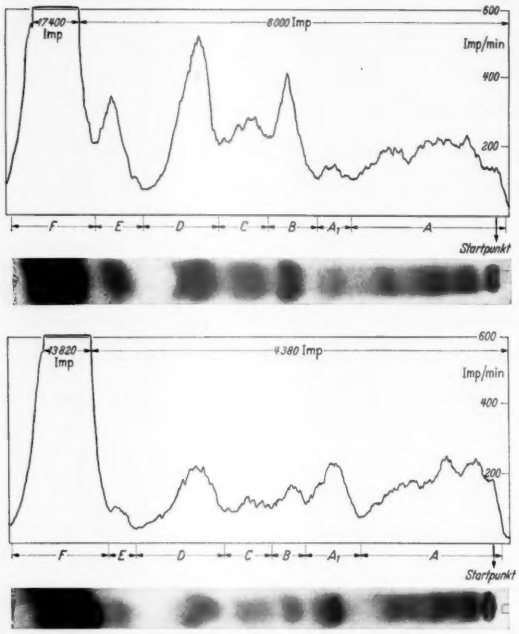


Fig. 1. Radioautogramme und dazugehörige Diagramme der P^{32}-Aktivität der in Alkohol/Wasser löslichen Phosphate. — Oberes Bild: Kontrolle. — Unteres Bild: Infiziert. Die Fraktionen enthalten: *A* Nucleotide, AMP, ADP, ATP + Unbekannte; A_1 zwei Unbekannte, eventuell Saccharose-Phosphat? *B* Glukose-6-P, geringe Mengen Glukose-1-P; *C* Fruktose-1,6-P und Unbekannte; *D* Fruktose-6-P + mehrere Unbekannte; *E* P-Glycerinsäure; *F* Orthophosphat

Entsprechend der unterschiedlichen Aufnahme korrigiert, ist die spezifische Aktivität/mg P der in Alkohol/Wasser löslichen Fraktion in infizierten nur geringfügig gegenüber gesunden Pflanzen verändert. Demgegenüber beträgt in der in TCE/NaOH löslichen Fraktion die spezifische Aktivität am 4. Tag nach Infektion etwa 135%, am 7. Tag etwa 110% der gesunden Pflanzen.

Die papierchromatographische Analyse der in Alkohol/Wasser löslichen Phosphate ergab in dem Lösungsmittelsystem t-Butanol, Pikrinsäure, Wasser 100:2:20 [verändert nach WILSON[4])] eine deutliche Auftrennung in sieben Fraktionen (s. Fig. 1). Die Radiopapierchromatogramme wurden quantitativ mit dem Radiopapierchromatographen mit angeschlossenem Schreiber von Frieseke und Höpfner und durch Autoradiographie ausgewertet[1]). Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Aufnahme von P^{32} liegt am 4. Tage nach Infektion die Aktivität in der Fraktion A (Nucleotide) bei etwa 150%; in Fraktion A_1 (Unbekannte) bei etwa 165%, in Fraktion D (Fruktose-6-P und Unbekannte) bei etwa 130%, während die übrigen Fraktionen etwa gleiche Aktivität wie die der gesunden Pflanzen zeigen. Am 7. Tage nach Infektion beträgt die Aktivität in der Nucleotidfraktion A etwa 130%, die der noch nicht definierten Fraktion A_1 ist im Vergleich zur Kontrolle besonders stark auf etwa 260% erhöht. Die Aktivität in den anderen Fraktionen liegt bei 60 bis 70%, P-Glycerinsäure bei etwa 35% des Wertes gesunder Pflanzen.

Im Phosphatstoffwechsel des Wirtes bzw. des Wirt-Parasit-Komplexes treten also im Verlaufe der Infektion erhebliche Veränderungen auf, ohne daß allerdings vorerst geklärt ist, welcher der beiden Partner den entscheidenden Anteil dazu beiträgt. Der erhöhte Phosphatanteil und die gesteigerte P^{32}-Aktivität der TCE/NaOH löslichen Fraktion, welche unter anderem auch die Nucleinsäuren enthält, steht im Einklang mit den Ergebnissen von ROHRINGER und HEITEFUSS[3]), die am 4. Tage nach Infektion auf Grund der höheren spezifischen Aktivität eine gesteigerte RNS-Synthese nachweisen konnten. Der besonders am 4. und auch am 7. Tage durch höhere P^{32}-Aktivität gekennzeichneten Nucleotidfraktion kommt für die Charakterisierung der gesamten Stoffwechsellage entscheidende Bedeutung zu. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen stellten POZSAR und KIRALY[2]) allerdings am 14. Tag nach Infektion einen geringeren Anteil des säurelabilen Phosphors fest. Einer solchen Verminderung organischer Verbindungen geht jedoch nach unseren Untersuchungen in den früheren, für den Infektionsverlauf sicher bedeutungsvolleren Phasen eine Steigerung der Synthese voraus. Diese und andere gesteigerte Synthesevorgänge lassen zumindest in diesem Zeitraum eine Entkoppelung der oxydativen Phosphorylierung als unwahrscheinlich erscheinen.

Eine ausführliche Darstellung der weiter fortgesetzten Arbeiten wird an anderer Stelle erfolgen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die Unterstützung der Arbeiten. Herrn FAIT und Fräulein GOES, Laboratorium für biologische und medizinische Isotopenforschung der Universität Göttingen, danken wir für die Auswertung der Radiopapierchromatogramme.

Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität, Göttingen

R. HEITEFUSS und W. H. FUCHS

Eingegangen am 12. April 1961

[1]) HEITEFUSS, R., W. GELBKE u. K. FAIT: In Vorbereitung. — [2]) POZSAR, B. J., u. Z. KIRALY: Nature [London] **182**, 1686 (1958). — [3]) ROHRINGER, R., u. R. HEITEFUSS: Canad. J. Bot. **39**, 263 (1961). — [4]) WILSON, A. T.: Thesis, Univ. of California, 1954. Zit. in PEACH-TRAECEY, Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Bd. II. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1955.

The Effect of Iron and Manganese Supply on the Tissue Concentration of Macro- and Micro-Nutrient Elements in Barley Plants Grown in Sand Culture

An enhanced accumulation of manganese at low levels of iron supply and a depression at high levels of iron supply, among other factors, led SOMERS and SHIVE[1]) to ascribe a unique position to manganese in respect to iron nutrition in plants. While many workers[1–6]) have investigated the effect of iron supply on the tissue concentration of manganese the information available on the effect of iron supply on the tissue concentration of other nutrient elements is very scanty and is confined to certain macronutrients[3]),[6]). Investigations were undertaken to find out if an accumulation of manganese at low levels of iron supply and a depression at the high iron supply were effects peculiar to manganese or shared by other nutrient elements as well.

BARLEY (*Hordeum vulgare* var. K 12) plants were grown in sand culture at three levels of manganese supply, low (0·0055 p.p.m.), normal (0·55 p.p.m.) and excess (5·5 p.p.m.). At each level of manganese, iron was supplied at six levels, three representing deficiency (0·056, 0·28 and 0·56 p.p.m.) one normal growth (1·4 p.p.m.) and two excess (5·6 and 28 p.p.m.). Tops were estimated for potassium, calcium, magnesium, phosphorus, sulphur, total nitrogen, iron, manganese, copper, zinc and molybdenum at three stages viz. 24, 52 and 80 days growth. At the two latter growth stages stem and leaves of the plants were separately analysed for the different nutrient elements listed above. While the detailed results of the investigations will be presented elsewhere, the salient points made out from these studies are presented in this note.

As also reported earlier[7]) iron supply was not found to be related to iron concentration in the tissue. The tissue concentration of other nutrient elements, particularly the micronutrient elements, was markedly affected by iron supply. When iron supply was lower than required for the normal growth of barley plants[8]) the nutrient elements, including iron itself, were taken up in much higher concentrations than at the normal iron supply. In plants supplied with 0·056 p.p.m. iron (in the nutrient medium) the concentration of copper, molybdenum, manganese and zinc was about two to five times that of plants supplied with 1·4 p.p.m. iron. When supplied in excess (5·6 and 28 p.p.m.), iron did not bring about appreciable change in the tissue concentration of the different nutrient elements excepting phosphorus which became markedly depressed.

Unlike iron, with an increase in manganese supply there was an increase in the tissue concentration of manganese. Manganese supply was also found to affect the tissue concentration of the other elements. There was a tendency towards a larger accumulation of the different nutrients at low manganese supply than at the normal manganese supply. This was particulary true with respect to copper, concentration of which at 0·0055 p.p.m. manganese supply was more than twice that at 0·55 p.p.m. manganese supply. The increase in the tissue concentration of these elements at the low manganese supply was, however, much less than at the low iron supply. When in excess supply, manganese resulted in an increased accumulation of potassium, nitrogen and copper.

The effects of the graded levels of iron supply were essentially similar to the three levels of manganese supply, but the accumulation of phosphorus, manganese, copper and molybdenum was most pronounced at the normal manganese supply. Likewise, the effects of the differential manganese supply were almost similar to the different levels of iron supply. But at the low iron supply excess manganese depressed the tissue concentration of copper. The accumulation of phosphorus, copper, zinc and molybdenum due to low manganese supply was less pronounced at the low iron supply than at the normal iron supply.

That the level of iron supply determines not only the accumulation of manganese, but also of other nutrient elements and in an almost identical manner would show that previously undue emphasis was laid on the position of manganese in relation to iron metabolism of plants. Experimental evidence obtained would also show that in so far as the effects of these two elements on the tissue concentration of other nutrients are concerned the deficiency of one is not identical with the excess of the other as pointed out by SOMERS and SHIVE[1]). And as far as the effectiveness of high manganese supply in inducing effects characteristic of iron deficiency is concerned it is now well known that several other elements — the "heavy" metals, copper, cobalt, nickel, cadmium and chromium, are often far more effective than manganese[9]),[10]). The factors responsible for the marked accumulation of the different nutrient elements at low iron supplies are not well understood. It may be worthwhile to examine whether the formation and availability of acceptors of the macro- and micronutrient elements in plants increase at low levels of iron or manganese supply.

Department of Botany, The University, Lucknow

S.C. AGARWALA and C.P. SHARMA

Eingegangen am 11. April 1961

[1]) SOMERS, I.I., and J.W. SHIVE: Plant Physiol. **17**, 582 (1942). [2]) TWYMAN, E.S.: New Phytologist **58**, 210 (1951). — [3]) TWYMAN, E.S.: Plant and Soil **10**, 375 (1959). — [4]) SIDERIS, C.P., and H.Y. YOUNG: Plant Physiol. **24**, 416 (1949). — [5]) WEINSTEIN, L.H., and W.R. ROBBINS: Plant Physiol. **30**, 27 (1954). — [6]) JONES, E.W., and E.J. HEWITT: Ann. Rep. Long Ashton Res. Sta. **1949**, 275. — [7]) AGARWALA, S.C., and C.P. SHARMA: Physiol. Plantarum [Cph.] **14**, 275 (1961). — [8]) SHARMA, C.P.: J. Indian Bot. Soc. (in press). — [9]) HEWITT, E.J.: J. Exp. Bot. **4**, 59 (1953). — [10]) HUNTER, J.G., and O. VERGNANO: Ann. Appl. Biol. **40**, 761 (1953).

Über die Kalluswuchsform des Laubmoossporophyten

Die Qualität des Regenerationsproduktes des Laubmoossporophyten ist abhängig 1. vom entwicklungsphysiologischen Zustand des regenerierenden Gewebes und 2. von äußeren Faktoren während des Regenerationsvorganges[1a,b,c]). Kallusartige Wucherungen wurden bisher nur gelegentlich im noch teilungsfähigen Spitzengewebe und unter extrem trockenen Kulturbedingungen beobachtet[1a]); die Kalli konnten seinerzeit nicht weiter kultiviert werden.

Wenn man jedoch die embryonale Sporogonspitze von *Physcomitrium piriforme* auf 1,5%igem, glucosehaltigem (0,02- bis 0,1molarem) Nährboden regenerieren läßt, dann erhält man neben etwas Protonema als *Hauptregenerationsform* Kalluswucherungen (Fig. 1A). Diese lassen sich leicht ab-

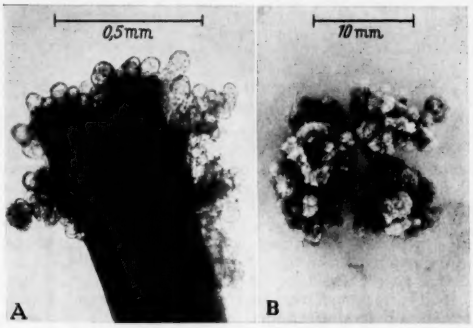


Fig. 1. A Regeneration der Sporogonspitze von *Physcomitrium piriforme* mittels Kalluszellen. B Kalluskultur eines F_1-Nachkommen der Kreuzung *Funaria hygrometrica* × *Physcomitrium piriforme*

nehmen und in Subkulturen unbegrenzt (bis jetzt 6 Monate = 12 Passagen) in ihrer charakteristischen Wuchsform vermehren.

In gleicher Weise wurden auch von apogam gebildeten Sporogonen anderer Sippen (vom Bastard *Physcomitrium piriforme* × *Funaria hygrometrica* sowie von einer Anzahl F_1-Sporennachkommen dieser Kreuzung) Kallusdauerkulturen gewonnen.

Die Kalli sind kräftig grün und wachsen langsam autotroph, werden aber stark durch Glucose (0,01- bis 0,1molar),

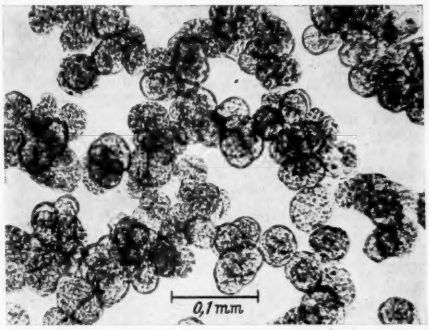


Fig. 2. Zellgruppe aus einer Kalluskultur von *Physcomitrium piriforme*

manche Sippen außerdem durch 0,3% Difco-Hefeextrakt im Wachstum gefördert. — Die Zellhaufen werden über $1^1/_2$cm hoch (Fig. 1B), zerfallen jedoch durch sanften Druck leicht bis zu Einzelzellen (Fig. 2), von denen sich wieder neue Kalli bilden. Während die durch Substraterneuerung ständig „verjüngten" Kalli rein grün bleiben, werden in älteren Kulturen reichlich gelbbraune Membranfarbstoffe gebildet, welche auch in den Agar übertreten. Gleichzeitig werden igelartig zahlreiche Setaspitzen gebildet. Einmal umgestimmte Kalli lassen sich auch durch „Verjüngung" nicht mehr als solche weiterkultivieren, sondern erschöpfen sich völlig in der Bildung von Seten. Die Kalli sind demnach eine bisher noch nicht beobachtete Wuchsform des Sporophyten und den Gewebekulturen der Samenpflanzen homolog. — Bei ungünstigen Ernährungsverhältnissen geht ein Teil der Kalluszellen zur Protonemabildung über.

Es fragt sich, ob nicht auch an den kallusartigen Wucherungen, welche am Gametophyten von Laubmoosen beobachtet wurden[1d]),[2]),[3]), Differenzierungselemente der Sporophytenstufe beteiligt sind. Bei denen von *Polytrichum commune*[3]) sind Chromosomenverdoppelung, bei denen von *Splachnum rubrum*[1d]) Bildung des für den Sporophyten typischen roten Membranfarbstoffes festgestellt worden.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für eine Sachbeihilfe.

Tübingen, Botanisches Institut der Universität

LEOPOLD BAUER

Eingegangen am 2. Mai 1961

[1]) BAUER, L.: a) Ber. dtsch. bot. Ges. **70**, 424 (1957); b) Naturwissenschaften **46**, 154 (1959); c) Biol. Zbl. **80**, 353 (1961); d) In Vorbereitung. — [2]) WETTSTEIN, D. v.: Z. Bot. **41**, 199 (1953). — [3]) WARD, M.: Science **132**, 1401 (1960).

Über antiphytotische Stoffe im Schnittholz der Weinrebe (Vitis vinifera L.)

Hin und wieder wurde und wird auch im Weinbau versucht, das jährlich anfallende Schnittholz der Ertragsreben sowohl zur Humusanreicherung zu nutzen als auch — zwecks Arbeitseinsparung — sofort im Weinberg zu zerschneiden und zwischen den Reihen liegen zu lassen. Da wir auf Grund unserer früheren Untersuchungen[1]) vermuteten, daß auch im Rebholz — wie in der Blattstreu und in den meisten verholzten Pflanzenteilen — Stoffe vorhanden sind, die die Keimung und das Wachstum anderer Pflanzen oder auch der Reben selbst irgendwie beeinflussen können, haben wir Kaltwasserextrakte von zerkleinertem Rebholz hergestellt und hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Keimung, Anfangsentwicklung und Wurzelbildung anderer Pflanzen untersucht.

Wir wählten zunächst als Testpflanze die Gartenkresse (Lepidium sativum L.), da sie einerseits als Schnellkeimer schon nach 48 Std auswertbare Ergebnisse liefert und andererseits sehr empfindlich auf irgendwelche hemmenden Einflüsse reagiert. Diese Reaktion zeigt sich sowohl in einer Verminderung des Prozentsatzes der keimenden Samen als auch in einer Wachstumshemmung. Dadurch erhält man gleichzeitig zwei voneinander unabhängige Werte, die sich aber trotzdem in einer Zahl ausdrücken lassen: Beim Messen oder Wiegen der Keimpflänzchen ergibt — nach Umrechnung auf eine konstante Zahl (100) — ein Multiplizieren mit den Keimprozenten noch anschaulichere Werte als bei getrennter Betrachtung dieser beiden Zahlen. Man erhält dadurch korrigierte Werte, die dem Gesamtzuwachs entsprechen und sich mit vorherigen Bonitierungsergebnissen decken.

Für diese Versuche extrahierten wir frisch geschnittenes, lufttrockenes Rebholz der Sorten Riesling und Ruländer 24 Std mit Aqua dest. bzw. Leitungswasser, und zwar im Verhältnis 1:10 bzw. 1:50. Von diesen Extrakten stellten wir die Verdünnungen 1:20, 1:50, 1:100, 1:200 und 1:400 her, die wie folgt auf die Keimung und Anfangsentwicklung der Kresse wirkten (s. Tabelle):

Tabelle. *Keimung und Anfangsentwicklung der Gartenkresse bei verschiedenen Konzentrationen von Kaltwasserauszügen aus Rebenschnittholz der Sorte Riesling und der Sorte Ruländer*

Sorte Riesling				Sorte Ruländer			
Konzentration	Keim. %	Hemmung*)	Frischgew.**)	Konzentration	Keim. %	Hemmung*)	Frischgew.**)
1:10	67	----	0,7700	1:10	75	----	0,7723
1:20	90	---	1,2100	1:20	91	---	1,1366
1:50	95	--	1,5446	1:50	93	--	1,2499
1:100	92	-	1,5696	1:100	94	-	1,3438
1:200	98	(-)	1,6321	1:200	94	(-)	1,4175
A.dest.†)	99	0	1,7338	A.dest†)	98	0	1,4610

*) ---- = Sehr starke Hemmung bis (-) = sehr schwache Hemmung. — **) Frischpflanzengewicht je 100 Pflanzen mal Keim.-%. — †) Kontrolle.

Ähnliche Hemmungen der Keimung und Entwicklung, wenn auch nur mit den stärkeren Konzentrationen der Holzextrakte (bis 1:50, gegebenenfalls 1:100) erhielten wir auch bei Weizen, Hafer und Mohn.

Dagegen wurde die Wurzelentwicklung von abgeschnittenen, etwa 50 cm langen Tomatenpflanzen noch bei einer Verdünnung dieser Holzextrakte (mit Leitungswasser) auf 1:400 so stark gehemmt, daß hier gegenüber den Kontrollen erst fast die Hälfte der Wurzelmasse gebildet war, was sowohl die Anzahl als auch die Länge der gebildeten Wurzeln betrifft. Bei der Konzentration 1:50 — hier die stärkste — war die Wurzelbildung noch fast unterdrückt. Die Wurzelentwicklung der Tomaten würde daher mit größter Wahrscheinlichkeit noch bei der Verdünnung 1:600, wenn nicht sogar noch bei 1:800 sichtbar gehemmt sein.

Da diese antiphytotischen Stoffe auch nach Filtration durch 10 und 20 cm hohe Bodensäulen eines lufttrockenen Lößlehms (Laufzeit bei letzteren etwa 6 Std) nichts an Wirksamkeit verloren, wird bei jahrelangem Einbringen des Schnittholzes in den Boden und bei eventuell gehemmtem mikrobiellem Abbau[2]) eine Anreicherung im Unterboden, also im Wurzelhorizont, für möglich gehalten.

Ob diese Stoffe die Wurzelentwicklung der ebenfalls sehr empfindlichen Reben, insbesondere der der Unterlagsreben beeinflussen können, bleibt abzuwarten. Nach Vorversuchen scheinen sie sich auch nachteilig auf die Kallusbildung, die der Wurzelbildung vorausgeht, auszuwirken. Auch scheinen die einzelnen Unterlagssorten verschieden darauf anzusprechen.

Herrn Dr. H. R. BODE, Leiter der pflanzensoziologischen Abteilung, bin ich für seine freundliche Hilfe und Unterstützung bei diesen Untersuchungen sehr zu Dank verpflichtet. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. H. SCHANDERL, Leiter des Instituts für Botanik, Gärungsphysiologie und Hefereinzucht, vielmals für seine Freundlichkeit, daß er mir für die ersten Versuche sein Labor zur Verfügung stellte.

Eine ausführliche Darstellung erfolgt an anderer Stelle.

Institut für Weinbau und Kellerwirtschaft der Lehr- und Forschungsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau, Geisenheim/Rhg. (Leiter: Prof. F. RITTER)

E. SIEVERS

Eingegangen am 11. April 1961

[1]) WINTER, A. G., u. E. SIEVERS: a) Naturwissenschaften **39**, 191 (1952); b) Unveröff. — [2]) SCHÖNBECK, F.: Z. Pflanzenkrankh. **63**, 513 (1956).

Das Verhalten der Rhizobien-Stämme gegen Gibberellinsäure

Nach Versuchen von FLETSCHER, ALCORN und RAYMONDS[1]), STODDARTS[2]) sowie FINN und NIELSENS[3]) wird es immer wahrscheinlicher, daß die Anwendung der Gibberellinsäure bei den Leguminosen für ihre Wachstumförderung früher oder später größere Verwendung finden wird. Ja, es gibt sogar schon Versuche zur kombinierten Verwendung der Gibberellinsäure und der Rhizobien-Bakterien bei Impfungen der Samen. Deshalb ist es wichtig zu wissen, welchen Einfluß die Gibberellinsäure auf verschiedene Gruppen der Bodenbakterien ausübt. Darüber liegen noch wenig Arbeiten vor. Der von LU und GILMOUR[4]) mit Gibberellinsäure (GS) behandelte Tonboden wies keine merkbaren Unterschiede in der Bodenatmung auf, doch zeigte er eine Zunahme in der Zahl der Bakterien Azotobakter chroococcum im Vergleich zu unbehandeltem Boden. Auch LU und BOLLEN[5]) fanden keine größere CO_2-Produktion im sandigen Lehmboden nach Zugabe von GS.

Wir untersuchten die Einwirkung der Gibberellinsäure auf 16 Rhizobien-Stämme. Diese wurden aus Wurzelknöllchen der Pflanzen verschiedener Standorte isoliert. Ihre Identifizierung erfolgte auf Grund ihrer morphologischen, kulturellen und biochemischen Merkmale und Hilfe von Gefäßversuchen (Knöllchenbildung und Stickstoffbindung). Benutzt wurde die bekannte Agarlochtest-Methode mit wenigen Änderungen. In ein zentral in den Bohnen-Nährbodenagar gestanztes Loch von etwa 11 mm Durchmesser brachten wir 0,1 ml Gibberellinsäurelösung und strichen bis an das Loch die zu prüfenden Bakterienkeime strahlenförmig[6]) auf. Nach 40stündiger Bebrütung bei 27° C konnten wir durch Vergleich der einzelnen Abstände vom Zentrum bzw. vom Loch die Empfindlichkeit der Bakterien prüfen.

Gibberellinsäure wurde in zwei Formen benutzt. Die eine stammte aus der Kulturflüssigkeit, die man bei der Herstellung von Gibberellinsäure enthielt (Konz. 250 γ/ml), die andere war in einem Tropfen verd. Alkohol gelöste kristallische Gibberellinsäure (Konz. 1000 γ/ml)*).

Die Mikroorganismen verhielten sich bei der Prüfung gegen Gibberellinsäure verschieden (Tabelle). In der Mehrzahl der Fälle wurde keine, in einigen Fällen eine partielle Hemmung festgestellt. Von insgesamt 32 Fällen hemmte die Gibberellinsäure nur in 6 Fällen total das Wachstum der Bakterien, in der Mehrheit waren die Bakterien-Stämme unempfindlich. Von den 6 Fällen fielen 5 auf die Konzentration von 1000 γ/ml, dagegen fanden wir totale Hemmung auch bei der Konzentration von 250 γ/ml nur bei einem einzigen Bakterien-Stamm. Die partielle Hemmung bei der niedrigeren Konzentration (insgesamt in 3 Fällen) war sehr schwach, stärker nur bei der höheren Konzentration.

Da hiernach Gibberellinsäure das Wachstum der Bakterien nur in wenigen Fällen hemmte und wahrscheinlich im Boden

Tabelle. *Verhalten der einzelnen Rhizobien-Stämme gegen Gibberellinsäure*

Bakterien*)	Gibberellin**) A	Gibberellin**) B	Bakterien*)	Gibberellin**) A	Gibberellin**) B
M.s. (I/6)	0	t.H.	V.v. (II/2)	t.H.	t.H.
M.s. (XXVIII/14)	−2,0	t.H.	V.v. (VIII/1) . .	0	−14,0
M.s. (XXXVIII/1)	0	−18,0	T.p. (VII/3) . . .	0	−18,0
M.s. (XXXVIII/5)	−4,0	t.H.	T.p. (VII/5) . . .	−7,0	t.H.
			T.p. (XXXVII/3).	0	−21,5

Keinerlei Hemmung zeigten: M.s. (I/2), M.s. (IX/3), M.s. (XIII/1), M.s. (XXXVIII/8); T.p. (IV/2), T.p. (VII/2), T.p. (XXV/1).

*) Art der Leguminosen (M.s. Medicago sativa, V.v. Vicia villosa, T.p. Trifolium pratense) und Bakterienstämme. — **) A Filtrat aus der Gibberellinkultur (250 γ/ml), B kristallisierte Gibberellinsäure in verd. Alkohol (1000 γ/ml). — t.H. = totale Hemmung. Die negativen Zahlen geben die Hemmung an, und zwar in Millimeter vom Loch aus.

abgebaut wird, kann geschlossen werden, daß die Verwendung der Gibberellinsäure in der landwirtschaftlichen Praxis keinen schädlichen Einfluß auf die nützlichen Rhizobien-Bakterien ausübt.

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

E. MANNINGER

Eingegangen am 14. März 1961

*) Besten Dank spreche ich der Abteilung für Fermentation des Institutes Phylaxia Áll. Oltóanyagtermelö Intézet für das freundliche Entgegenkommen aus, mit dem sie mir die Gibberellinsäure zur Verfügung stellte und mit dadurch die Durchführung der Versuche ermöglichte.

[1]) FLETCHER, WM. W., J.W.S. ALCORN u. J.C. RAYMOND: Nature [London] **182**, 1319 (1958). — [2]) STODDART, J.L.: J. Agric. Sci. **52**, 161 (1959). — [3]) FINN, B.J., u. K.F. NIELSEN: Canad. J. Plant Sci. **39**, 175 (1959). — [4]) LU, K.C., u. C.M. GILMOUR: Nature [London] **181**, 189 (1958). — [5]) LU, K.C., u. W.B. BOLLEN: Plant and Soil [The Hague] **9**, 318 (1958). — [6]) OTTE, H.I., u. W. KÖHLER: Die Praxis der Resistenz und Spiegelbestimmungen zur antibiotischen Therapie. Jena: Fischer 1958.

Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens auf den Rhizosphäreneffekt

Seit langem ist der Einfluß des p_H-Wertes auf die Zusammensetzung der Mikroflora des Bodens bekannt[5]). Weniger Beachtung fand dagegen bisher sein Einfluß auf den Rhizosphäreneffekt, der durch das Verhältnis der Zahl der Rhizosphärenorganismen zur Zahl der Organismen des undurchwurzelten Bodens ausgedrückt wird [r/s-Wert*)]. THOM und HUMFELD[7]) ermittelten die Verteilung der Mikroorganismen im undurchwurzelten Boden und in der Rhizosphäre bei verschiedenen Böden von unterschiedlicher Acidität. Die angegebenen Zahlenwerte ließen jedoch keine Abhängigkeit der Organismenzahl vom p_H-Wert des Bodens erkennen. Dies ist dadurch zu erklären, daß neben der Bodenreaktion noch weitere Faktoren wie Art und Alter der Pflanzen, Bodenart, Mineraldüngung, Bodenfeuchte und Durchlüftung das Mikroorganismenleben mehr oder weniger stark zu beeinflussen vermögen [s. [3])]. Um die Abhängigkeit des r/s-Wertes vom p_H-Wert allein prüfen zu können, wurde unter Ausschaltung der übrigen Faktoren ein Versuch mit Hafer und Rotklee in Ahrgefäßen durchgeführt.

Zur Verwendung kam ein saurer humoser Sandboden, dessen p_H-Wert durch Kalkung erhöht wurde. Hinsichtlich der Wasserversorgung wurden die Gefäße bei etwa 50% der maximalen Wasserkapazität annähernd konstant gehalten. Die Keimzahlbestimmung der Rhizosphäre und des undurchwurzelten Bodens erfolgte nach dem Kochschen Plattenverfahren**) für Bakterien auf Bodenextrakt-Agar[4]) und für Pilze auf Glucose-Asparagin-Agar[2]).

Die gefundenen Keimzahlen wurden auf die Gewichtseinheit Gramm Frischboden bzw. Frischwurzel (Rhizosphäre) bezogen.

Ergebnisse. In Fig. 1 und 2 sind die ermittelten Keimzahlen bei verschiedenen p_H-Werten für Pilze und Bakterien im undurchwurzelten Boden (*Bo*) und in der Rhizosphäre (*Rh*) von Hafer und Rotklee angegeben. Bei beiden Versuchspflanzen wirkte der p_H-Wert des Bodens unter den gegebenen Bedingungen in gleicher Richtung auf den Rhizosphäreneffekt ein. Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse der Pilzzählungen. Wie hinlänglich bekannt, ist bei Pilzen der r/s-Wert enger als bei Bakterien[6]), [8]). Aus den hier dargestellten Befunden geht weiterhin hervor, daß sich mit abnehmender Wasserstoffionenkonzentration der r/s-Wert bei Pilzen verengt und bei neutralem bis alkalischem p_H-Wert sogar kleiner als 1 werden kann. Bei Bakterien hingegen tritt bei einem Anstieg des p_H-Wertes eine absolute und relative Zunahme der Keimzahl in der Rhizosphäre ein, der r/s-Wert erweitert sich beträchtlich. Entsprechend wird das Verhältnis der Pilze zu den Bakterien durch den p_H-Wert in der Rhizosphäre stärker beeinflußt als im Boden. Daraus ergibt sich, daß die

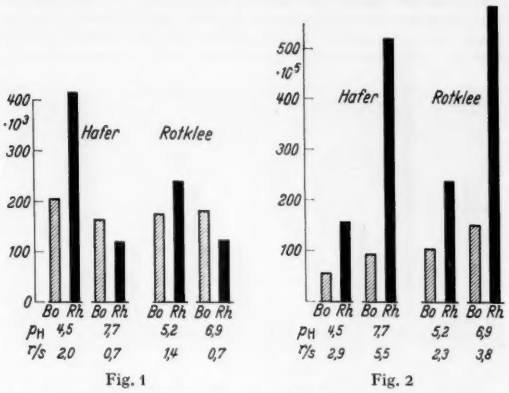


Fig. 1 Fig. 2

Fig. 1. Pilz-Keimzahlen des undurchwurzelten Bodens (*Bo*) und der Rhizosphäre (*Rh*) von Hafer und Rotklee bei unterschiedlicher Bodenreaktion. Ordinate: Keimzahl

Fig. 2. Bakterien-Keimzahlen des undurchwurzelten Bodens (*Bo*) und der Rhizosphäre (*Rh*) von Hafer und Rotklee bei unterschiedlicher Bodenreaktion. Ordinate: Keimzahl

Zusammensetzung der Organismenpopulation der Rhizosphäre ganz entscheidend von der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens beeinflußt wird.

Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Büntehof, Hannover

E. WELTE und G. TROLLDENIER

Eingegangen am 15. April 1961

*) Englische Abkürzung des „rhizosphere/soil-ratio".

**) Auf den Aussagewert dieses Verfahrens und die Problematik der Keimzahlbestimmung soll hier nicht eingegangen werden; s. hierzu GLATHE[1]).

[1]) GLATHE, H.: Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde **69**, 172 (1955). — [2]) JENSEN, H.L.: Soil Sci. **31**, 123 (1931). — [3]) KATZNELSON, H., A.G. LOCHHEAD u. M.J. TIMONIN: Bot. Rev. **14**, 543 (1948). — [4]) LÖHNIS, F.: Landwirtschaftlich-bakteriologisches Praktikum, 2. Aufl., S. 137. Berlin: Springer 1920. — [5]) RIPPEL-BALDES, A.: In Handbuch der Bodenlehre, Bd. 7, S. 259ff. Berlin: Springer 1931. — [6]) STARKEY, R.L.: Soil Sci. **32**, 367 (1931). — [7]) THOM, C., u. H. HUMFELD: Soil Sci. **34**, 29 (1932). — [8]) TIMONIN, M.J.: Canad. J. Res. C **18**, 444 (1940).

Über die Sekretionsgranula in den Zellen der Malpighischen Gefäße von Periplaneta americana L.

Im Rahmen elektronenmikroskopischer Studien über die Sekretionsvorgänge in den Zellen der malpighischen Gefäße von *Periplaneta americana* fanden wir in den Zellen Granula, die den von BERKALOFF[1]) beschriebenen Harnsäure-Niederschlägen der malpighischen Gefäße von *Gryllus domesticus* in morphologischer Hinsicht sehr ähneln. Die Granula bestehen aus einer Anzahl konzentrischer Lagen von abwechselnd weniger oder stärker elektronenstreuendem Material (Fig. 1).

In den meisten Fällen sind sie von einer gut erkennbaren cytoplasmatischen Membran umgeben, die dann unmittelbar gegen die äußerste Lage des stark elektronenstreuenden Materials anliegt. Manchmal aber liegt diese Membran in einigem Abstand von dem äußersten dunklen Band, und das Granulum befindet sich in einem elektronenoptisch beinahe leeren Hof. Diese unterschiedlichen Erscheinungsformen weisen zweifellos auf verschiedene Stadien der Ablagerung hin.

Bei Untersuchung dieser Granula mit einer nach LISON[2]) modifizierten Murexid-Reaktion erhielten wir jedoch keine

positiven Resultate auf Harnsäure, obwohl in den gleichen Schnitten die Harnsäure-Niederschläge im Fettgewebe der *Periplaneta* positive Ergebnisse hatten. Außerdem fielen sowohl die Murexid-Reaktion als auch die Harnsäure-Reaktion nach FOLIN[3]) bei Verwendung von Homogenaten der Gefäße, die zuvor von allem Fettgewebe freipräpariert wurden, negativ aus. Auch in den Exkrementen der Versuchstiere haben wir keine Harnsäure nachweisen können. Das Fettgewebe jedoch ergab bei Verwendung dieser Methoden immer positive Reaktionen. Diese Ergebnisse entsprechen den Befunden von CUENOT[4]), wonach in den malpighischen Gefäßen der Schaben keine Harnsäure vorkommt. In die gleiche Richtung weisen Angaben von YAPP[5]), nach denen bei *Orthoptera* (unter Ausnahme der *Gryllidae*) die Harnsäure während des ganzen Lebens eingelagert wird, und zwar in speziellen

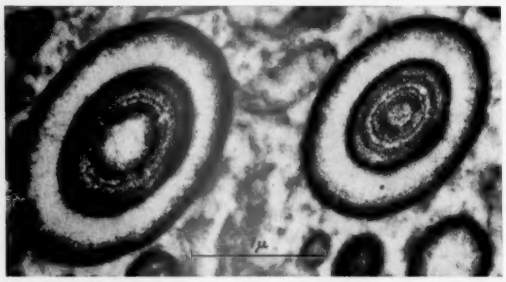


Fig. 1. Schnitt durch einige Calcium-Granula in den Zellen der malpighischen Gefäße von *Periplaneta americana* L. E. M., Maßstab 21000:1

Harnsäure-Zellen innerhalb des Fettgewebes, weshalb man bei diesen Objekten keine oder nur Spuren von Harnsäure in den malpighischen Gefäßen findet.

Mit histochemischen Methoden erhielten wir positive Ergebnisse mit der Silbermethode nach KOSSA sowie positive Reaktionen auf Calcium [Natrium-alizarin-sulfonatfärbung nach DAHL, modifiziert nach MCGEE-RUSSELL[6])]. Bei der ersten Methode wird oft angegeben, daß auch Harnsäure- und Uratniederschläge positive Reaktion ergeben. In denselben Schnitten, in denen eine positive Reaktion nach KOSSA auf die Granula in den malpighischen Gefäßen gefunden wurde, bleiben die Harnsäure-Niederschläge im Fettgewebe negativ.

Diese Ergebnisse veranschaulichen, daß ein wesentlicher Teil der Granula aus Calciumsalzen besteht [hauptsächlich Calciumphosphat und -carbonat[6b])]. Zweifellos muß der Niederschlag dieser Stoffe in solch wohlgeformten Granula als ein Modus der sog. „Storage-excretion" [vgl. WIGGLESWORTH[7])] betrachtet werden, wobei Speicherung des Materials es (zeitweise) unnötig macht, durch die malpighischen Gefäße ausgeschieden zu werden, wie es zum Beispiel auch bei den Harnsäure-Depots in dem Fettgewebe und den Depots von Riboflavin im proximalen Teil der malpighischen Gefäße von *Periplaneta americana* der Fall ist[8]). Hinweise dafür, daß es sich in diesem Fall lediglich um eine zeitlich begrenzte Speicherung handelt und daß die Granula in einen komplizierten sekretorischen Prozeß aufgenommen werden, sind in unseren elektronenmikroskopischen Aufnahmen vielfach vorhanden. Eine detaillierte Beschreibung dieser Befunde wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Andererseits aber ist es nicht unmöglich, daß die Granula eine wesentliche Rolle im Stoffwechsel der betreffenden Zelle spielen, was wir allerdings auf Grund ihres exkretorischen Charakters für unwahrscheinlich halten.

Ein Vergleich dieser Befunde mit denen von BERKALOFF zeigt, daß in beiden Fällen ein analoger Präzipitationsmechanismus und eine gleiche Zellreaktion beteiligt sind.

Nijmegen, Holland, Laboratorium für Elektronenmikroskopie, R.K. Universität

A.M. STADHOUDERS und J.A.M. JACOBS

Eingegangen am 29. April 1961

[1]) BERKALOFF, M.A.: a) C. R. Acad. Sci. [Paris] **246**, 2807 (1958); b) C. R. Acad. Sci. [Paris] **249**, 1934 (1959). — [2]) LISON, L.: Histoch. Cytoch. animales, 3rd ed., Vol. II, p. 668. Paris: Gauthier Villars 1960. — [3]) FOLIN, F.P.: J. Biol. Chem. **101**, 112 (1953). — [4]) CUÉNOT, L.: Arch. Biol. **14**, 296 (1896). — [5]) YAPP, W.B.: Animal Physiology, 2nd ed., p. 110. Oxford: Clarendon Press 1960. — [6]) MCGEE-RUSSELL, S.M.: a) J. Histochem. Cytochem. **6**, 22 (1958); b) Persönl. Mitteilung. — [7]) WIGGLESWORTH, V.B.: Princ. Insect Physiol., 4th ed., p. 382. London: Methuen & Co Ltd. 1950. — [8]) METCALF, R.L.: Thesis (Ph. D.) Cornell University 1943.

Osmotische Werte bei Rassen von Forstbäumen

Um zur Kenntnis der physiologischen Unterschiede der Rassen bei Forstbäumen beizutragen, wurden mehrjährig die Jahresgänge des osmotischen Wertes bei *Larix europaea* und *Pseudotsuga taxifolia* bestimmt. Bei beiden waren Unterschiede zu erwarten; denn die Alpenlärche bewohnt im ganzen Alpengebiet sehr verschiedene Höhenlagen, und das große Areal der Douglasie bietet ganz verschiedene ökologische Bedingungen. Bei der Lärche konnte Dr. O. ANDERS (Dissertation Göttingen 1959) bei der Untersuchung von Provenienzflächen nahe Hann.-Münden, die in unserem Institut ausgeführt wurden, keine gesicherten Unterschiede finden. Die Fortführung der Untersuchung und die neuerliche Auswertung des gesamten Zahlenmaterials ergaben kein anderes Ergebnis. Auch Lärchensaat verschiedener Herkunft ließ keine gesicherten Unterschiede erkennen. Ein reichhaltiges Material von Rassen der Douglasie wurde in den Jahren 1957 und 1958 ziemlich gleichzeitig auf Provenienzflächen im Hochharz (ANDERS) und bei Hann.-Münden untersucht. Letztere Bestände wurden bis zum Herbst 1960 weiter bearbeitet. Die Untersuchung von ANDERS wies bei den erwachsenen Bäumen nur in den Wintermonaten relativ erhebliche Unterschiede zwischen den drei Rassen nach, eindeutige bei Sämlingen.

Die ausgedehntere und längere Versuchsreihe in Hann.-Münden führte zu dem Ergebnis, daß im Durchschnitt zwischen den drei Hauptrassen zwar eindeutige, aber (abgesehen von den Wintermonaten und in Notzeiten) nur sehr geringe Unterschiede bestehen, derart, daß die Werte für die Rasse viridis am tiefsten liegen, für *glauca* am höchsten und für *caesia* dazwischen. Außerdem verlaufen die ziemlich bewegten Jahreskurven bei allen drei Rassen weitgehend konform. Saaten von *Pseudotsuga*-Rassen wiesen auch in dieser Versuchsreihe etwas höhere Unterschiede auf, und zwar im gleichen Sinn wie die erwachsenen Bäume.

Eine ausführliche Darstellung soll in Bälde erscheinen.

Institut für Forstbotanik und Forstgenetik der Universität, Göttingen

TH. SCHMUCKER

Eingegangen am 17. Mai 1961

Besprechungen

Schlitt, H.: Systemtheorie für regellose Vorgänge. Statistische Verfahren für die Nachrichten- und Regelungstechnik. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. XII, 344 S. u. 167 Abb. Gr.-8°. Gzl. DM 49,50.

Beim Wort Statistik denkt man üblicherweise an so verschiedene Dinge wie Volkszählung oder Auswertung von Meßergebnissen, Glücksspiel oder Elementarteilchen. Entsprechend zahlreich und vielgestaltig ist die zugehörige Literatur. Verwundern mag daher die Feststellung, daß bislang auf einem bestimmten Gebiet der Statistik im deutschen Schrifttum doch eine deutliche Lücke bestand, die nun durch das Buch von SCHLITT geschlossen wurde.

Dies Gebiet ist die Nachrichten- und Regelungstechnik. Regellose, mit den Mitteln der klassischen Systemtheorie nicht beschreibbare Vorgänge haben dort im letzten Jahrzehnt stark an Interesse gewonnen. Die speziellen Hilfsmittel zu ihrer Beschreibung sich anzueignen, ist aber für einen Nachrichten- und Regelungstechniker normaler mathematischer Vorbildung an Hand des bestehenden deutschen Schrifttums außerordentlich mühevoll; praktisch war man auf ausländisches Schrifttum angewiesen.

SCHLITT hat es nun ausgezeichnet verstanden, den umfangreichen und zum Teil recht anspruchsvollen Stoff in einer gerade für den Ingenieur geeigneten Form darzustellen, ohne dabei jedoch auf mathematische Exaktheit zu verzichten, also im schlechten Sinne „populär" zu sein. Auf ingenieurmäßige Denkweise eingehend, bringt er, soweit irgend möglich, physikalische Anschauung in die mathematischen Ableitungen. Nur ein Beispiel: Die Verteilungsdichtefunktion wird aus einem Sortiervorgang anschaulich entwickelt, die Verteilungsfunktion dagegen aus einem Siebvorgang. Didaktisch wichtig ist, daß längere mathematische Ableitungen durchweg in kürzere, überschaubare Schritte aufgeteilt und vor ihnen erst deren Zweck und allgemeiner Gedankengang erläutert werden. Der Leser wird dadurch vor dem Gefühl bewahrt, sich in einem Gestrüpp von Formeln zu verlieren. Auf diese Weise ist es gelungen, auch nichtlineare Probleme und die Optimierung linearer Systeme übersichtlich darzustellen.

Eingeteilt ist das Buch in acht Abschnitte. Die ersten beiden behandeln allgemeine, regellose Vorgänge, also die auch auf anderen Gebieten verwendeten Grundlagen der Statistik: Verteilunsfunktionen, Momente und ihre Beeinflussung durch nichtlineare Elemente, und zwar bei einer einzelnen statistischen Variablen, sodann Vorgänge mit zwei statistischen Variablen. Ein Abschnitt bringt eine knappe Zusammenfassung und Wiederholung der mathematischen Hilfsmittel zur Beschreibung linearer Systeme, wie Impulsfunktion, Fourier- und Laplace-Transformation. Mit diesen Grundlagen werden dann die speziellen Begriffe und Beziehungen für zeitabhängige, regellose Vorgänge abgeleitet: Korrelationsfunktionen und Leistungsspektrum und ihre Beeinflussung durch lineare Übertragungssysteme, speziell Filter. Ein Abschnitt bringt nichtlineare Probleme, wie die Gleichrichtung von Rauschspannungen. Zuletzt wird, in einer etwas abgewandelten Form der Theorie von WIENER-KOLMOGOROFF, ausführlich auf die Synthese von optimalen, physikalisch realisierbaren Systemen zur Filterung und Prediktion eingegangen.

Wertvolle Ergänzungen sind eine Sammlung von Formeln und Integralen, ein Literaturverzeichnis sowie ein Faltblatt mit Formeln für die wichtigsten nichtlinearen Systeme. Gemessen am verhältnismäßig bescheidenen Umfang von 344 Seiten ist dies ein reicher Inhalt, und das Buch kann daher und vor allem wegen seiner eleganten, übersichtlichen Darstellungsweise wärmstens empfohlen werden.

F. MESCH (Darmstadt)

Pohl, R.W.: Einführung in die Physik. Bd. 2: Elektrizitätslehre. 17., veränderte und ergänzte Auflage. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. VIII, 342 S. u. 575 Abb. Gr.-8⁰. Gzl. DM 29.80.

Die 1. Auflage der Pohlschen „Elektrizitätslehre" ist 1927 erschienen, das Buch hat also in 33 Jahren nicht weniger als 17 Auflagen erlebt! Man kann daher fragen, ob man ein so bekanntes und so gut eingeführtes Buch überhaupt besprechen solle und ob man damit nicht die bekannten Eulen nach Athen trage. Doch es ist richtig und gut für alte und für neue Leser, wieder einmal darauf hinzuweisen, daß die neuen Auflagen nicht Abdrucke der früheren sind, daß sie vielmehr stets dem neuesten Stand der Forschung angepaßt werden, und zwar — das ist wesentlich — bei äußerst sparsamer Vermehrung des Umfangs durch mühevolle gründliche Überarbeitung.

Die Pohlschen Bücher zeigen ebenso wie seine Vorlesungen und Vorträge, daß er nicht nur ein hervorragender Physiker, sondern zugleich auch ein begeisterter und begnadeter Lehrer ist, da er Forschung und Lehre auf das beste vereint. Die „Elektrizitätslehre" hat schon bei ihrem ersten Erscheinen großes Aufsehen erregt, und zwar vor allem durch die Art der Stoffbehandlung, insbesondere dadurch, daß alle Aussagen grundsätzlich auf Versuche gestützt werden. In einer Besprechung der 2. Auflage (1929) heißt es: „Das dem Pohlschen Buch Eigentümliche, sein Kernstück, sind die Versuche. POHL hat sich alle heute zur Verfügung stehenden Mittel zunutze gemacht, um die Versuchsanordnungen zu verbessern." Es ist bekannt, welch starken Einfluß die Pohlschen Bücher auf den Physikunterricht an den höheren Schulen, besonders in bezug auf die Behandlung der Elektrizitätslehre gehabt haben.

Das gründliche neue Durchdenken der Versuche und ihrer Auswertung spürt man in jeder neuen Auflage. Immer wieder wird gefeilt, um die Darstellung so anschaulich wie möglich zu machen. Sie ist auch jetzt wieder an vielen Stellen vervollkommnet worden; andere Abschnitte sind neu hinzugekommen. Besonders erwähnt seien z.B. die Ausführungen über die quantitativen Verhältnisse bei der Induktion (nebst einer Behandlung der elektrischen Einheiten), die Hohlleiter, die Überführungszahlen bei der Elektrolyse, der Pinch-Effekt, der Hall-Effekt, der Hinweis auf die Verwendung elektrischer Wellen zur Bestimmung von Fahrgeschwindigkeiten und vieles andere. Als Novum hervorzuheben ist das (als solches ausdrücklich und eindeutig gekennzeichnete) Modell zur Veranschaulichung der Lorentz-Transformation, das dem Studenten das Erfassen und damit das (für den Anfänger durchaus nicht leichte) Verständnis der wirklichen Verhältnisse erleichtern wird. Auch reizvolle historische Bemerkungen sind zahlreich eingestreut, wie man es bei POHL erwarten darf.

Einen besonderen Hinweis verdient das Kapitel über „Anwendungen nichtmetallischer Elektronenleiter". Wenn hier die Behandlung der Kristalldioden an die Leitung in Ionenkristallen anknüpft, so spiegelt sich darin die Tatsache, daß die in den dreißiger Jahren durchgeführten grundlegenden Untersuchungen von POHL und HILSCH über die Leitung in Alkalihalogen-Kristallen und die Wirkung des Lichtes auf sie die Vorbedingungen für die spätere schnelle Entwicklung der technischen Dioden und Trioden geschaffen haben. 1938 stellten POHL und HILSCH auch die wichtige Tatsache fest, daß völlig reines KBr gegen Licht unempfindlich ist und daß eine sehr geringe Verunreinigung wesentlich ist; sie sprachen dementsprechend von „Mischkristallen". Es ist für den Leser höchst lehrreich und eindrucksvoll, wie in dem Lehrbuch alle Eigenschaften der Dioden und Transistoren zunächst am Alkalikristall aufgezeigt werden.

Natürlich findet man auch immer etwas, was man gern etwas anders sähe. Zum Beispiel wird man fragen, ob man von der Gleichung $\mathfrak{D} = \varepsilon \mathfrak{E}$ wirklich sagen darf: Das *ist* das Coulombsche Gesetz. Eine vorsichtigere und dem Historischen weniger Gewalt antuende Ausdrucksweise dürfte angebracht sein. Aber das sind Einzelheiten, die gegenüber den großen Vorzügen des Buches nicht ins Gewicht fallen.

Es ist kein Zweifel, daß das Buch nach wie vor unter den Lehrbüchern für Anfänger in erster Reihe steht und daß es auch mit der 17. Auflage seinen alten Ruhm neu begründen wird.

E. LAMLA (Göttingen)

Landau, L.D., and E.M. Lifshitz: Fluid Mechanics. (Course of Theoretical Physics. Vol. 6). Translated from the Russian by J. B. SYKES and W. H. REID. London-New York-Paris: Pergamon Press 1959. XII, 536 S., 119 Fig. Gr.-8⁰. Gzl. 105 s. net.

Der vorliegende — sechste — Band des von den beiden hervorragenden russischen Physikern verfaßten Handbuches der Theoretischen Physik behandelt die Theorie der Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen in einem Umfange, wie er gemeinhin in den Lehrbüchern der Hydro- oder Aerodynamik nicht zu finden ist.

Alle für die moderne Physik wesentlichen Teilgebiete werden ausführlich diskutiert, wobei jeweils das physikalische Interesse an den Phänomenen und ihren Zusammenhängen im Vordergrunde steht, während dafür alle Näherungsverfahren und die speziellen Methoden, die für den Flugzeugbau wichtig sind, beiseite gelassen werden.

Schon im Gewicht der einzelnen Abschnitte spiegelt sich diese Absicht wieder, die Hydrodynamik als Teilgebiet der theoretischen Physik zu behandeln, zugleich aber auch die stürmische Entwicklung, die die Hydrodynamik im letzten Vierteljahrhundert genommen hat.

Vergleicht man etwa das klassische Werk von LAMB mit dem vorliegenden, dem Umfange nach vergleichbaren, so wird hier z.B. die Theorie der idealen Flüssigkeiten auf weniger als einem halben hundert Seiten abgehandelt, während sie im LAMB weit mehr als die Hälfte des Umfanges beansprucht. Dafür aber findet der Leser in den folgenden Kapiteln über reibende Flüssigkeiten, Turbulenz und Grenzschichten eine hervorragende Darstellung dieser nun auch schon klassisch gewordenen Gebiete der Hydrodynamik.

Weitere Kapitel über Wärmeleitung in strömenden Medien, Diffusion, Oberflächenphänomene und Akustik schließen sich an. Der Rest des Werkes — fast die Hälfte des Umfanges — ist der Gasdynamik gewidmet: Stoßwellen, ein- und zweidimensionale Strömungen, Unstetigkeiten, Strömungen um feste Körper und Detonationswellen. Das Werk schließt mit kurzen Einführungen in die relativistische Hydrodynamik und die Theorie des supraflüssigen Zustandes.

C. SCHMIEDEN (Darmstadt)

Elektrothermie. Die elektrische Erzeugung und technische Anwendung hoher Temperaturen. Hrsg. von M. Pirani. 2. Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. XII, 451 S., 328 Abb. Gr.-8⁰. Geb. DM 64.50.

Für die Neuausgabe seines Buches — 30 Jahre nach dem ersten Erscheinen — konnte der Herausgeber sich nicht mehr auf die früheren Ko-Autoren stützen; alle Mitarbeiter haben gewechselt. Das Buch hat mit der ersten Ausgabe fast nur noch den Herausgeber, Titel und einen Teil der Kapiteleinteilung gemeinsam.

In diesem Buch finden sich recht heterogene Dinge zusammen, wie z. B. die Schmelz-Elektrolyse des Aluminiums, das Zonenreinigen von Germanium und Silizium, das Trocknen von Holz, die Herstellung von Siliziumkarbid, Eigenschaften von Quarzglas usw., zusammengehalten unter dem Gesichtspunkt der elektrischen Erzeugung und technischen Anwendung hoher Temperaturen. Das Buch bringt nur in einem Teilkapitel (35 S.) eine Systematik elektrischer Öfen (Widerstands-, Induktions- und Lichtbogen-Öfen) und in einem weiteren Teilkapitel (42 S.) die Elektromeßtechnik; der Hauptteil des Werkes beschäftigt sich mit der Herstellung und Veredelung verschiedenster Materialien unter Verwendung elektrisch erzeugter Wärme. Bei dem jeweiligen Material sind die dafür verwendeten Spezialöfen abgehandelt. Das Buch vermittelt dem Ingenieur, der sich mit solchen Öfen befaßt, Handwerkszeug und Information über den Zweck, dem der Ofen dient. Schweißverfahren wurden bewußt wegen ausreichender anderer Darstellungen nicht berücksichtigt; die neue Methode des Plasmagebläses und die Versuche zur Kernfusion werden ebenso wie der Sonnenofen gestreift.

Die einzelnen Hauptkapitel beschäftigen sich mit der Elektrothermie des Eisens, der Nichteisenmetalle (darunter Aluminium, Kupfer usw., Molybdän usw., Germanium usw.), des Borkarbids, der Dielektrika und der Gase oder der technischen Herstellung von Siliziumkarbid, Elektrographit, Kalkstickstoff, Ferrosilizium, Kalziumkarbid, Phosphor, Elektrokorund. Die verschiedenen Kapitel zeigen unterschiedliche Darstellungsweisen gemäß der Auffassung der verschiedenen Autoren.

Das Buch schließt mit erfreulich reichhaltigen Literatur-, Namen- und Sachverzeichnissen.

W. Gurski (Berlin-Charlottenburg)

Stauff, J.: Kolloidchemie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. VIII, 744 S. u. 294 Abb. Gr.-8⁰. Gzl. DM 69.—.

Die Aufgabe, ein Lehrbuch der Kolloidchemie zu schreiben, ist keine leichte. In den letzten Jahrzehnten ist das in einem derartigen Lehrbuch zu verarbeitende Material stark angewachsen, fast unübersehbar geworden, so daß es schwierig ist, dieses dem ordnenden Lehrgebäude einer Kolloidchemie sinngemäß und begrifflich klar einzufügen, jedoch Zugänge zu benachbarten Gebieten, die mitunter aus der Kolloidchemie selbst zum Teil sich erst entwickelt haben (z. B. makromolekulare Chemie, Physik und Chemie der Grenzflächen, wesentliche Gebiete der Rheologie) offen zu halten. Diese Schwierigkeiten hatte der Verf. von Anfang klar erkannt und sich bemüht, ihnen gerecht zu werden. Es kann als gut gelungen bezeichnet werden.

Das kolloide System — um diesen Begriff zu gebrauchen — wird als disperses System definiert, somit als Mischung zweier Komponenten mit endlicher Mischungsentropie, bei dem das Volumen der einen Mischungskomponente erheblich größer ist als das der anderen. Damit wird im Prinzip auf das schon seit langem bekannte Einteilungsschema von Wolfgang Ostwald zurückgegriffen, der seine Systematik der dispersen Systeme (Mischungen zweier Komponenten) ohne Begrenzung auf bestimmte Teilchengrößen aufstellte. (S. hierzu auch die neuere klare Zusammenfassung bei A. Kuhn, Kolloidchemisches Taschenbuch, 4. Aufl., Leipzig: Akad. Verlagsges. 1953.) Wenn der Ref. unter diesem Gesichtspunkt das Kapitel Theorie kolloider Systeme (Systematik) des vorliegenden Buches studiert, so kommt er zu der Feststellung, daß trotz einiger Sondergedanken das bewährte Einteilungsschema von Ostwald dennoch beibehalten wird. Im einzelnen wählt der Verf. eine Dreiteilung in Dispersionskolloide, Assoziationskolloide und Makromoleküle, eine Teilung, der der Ref. durchaus zustimmt. Insgesamt ist das Buch in folgende Abschnitte aufgegliedert: Allgemeine Einführung, Physikalische Eigenschaften dispersionsinvariabler Systeme, Bestimmung der Größe, Gestalt und Struktur kolloider Partikeln, Grenzflächenerscheinungen, Elektrische Erscheinungen in kolloiden Systemen, Dispersionsvariable Systeme, Dispersionskolloide, Assoziationskolloide, Makromoleküle und Makroionen, Gele. — Am Schluß finden sich in einem Anhang angeschlossen Kapitel über Thermodynamik, Statistische Mechanik und Thermodynamik, Lichtstreuung einzelner Moleküle sowie Optische Methoden zur Bestimmung von Konzentrationsgrenzen.

Geschlossen betrachtet stellt das Lehrbuch eine in jeder Hinsicht zu begrüßende Neuerscheinung auf dem Gebiete des deutschen wissenschaftlichen Buchschrifttums dar. Daß die Auswahl der vom Verf. zu verarbeitenden Literaturstellen subjektiv vorgenommen ist (warum so wenige bzw. praktisch keine Bezugsstellen aus dem großen Gebiete der Polysaccharide, ebenso relativ wenige aus dem der voll oder halb synthetischen Netzmittel, hingegen sehr viele aus dem Gebiete den Seifen), soll nicht als negative Bewertung betrachtet werden, sondern sei nur der Objektivität halber erwähnt.

Druck und Aufmachung des Buches sind ausgezeichnet. Das Buch kann jedem empfohlen werden, der sich über das Gebiet der Kolloidchemie vom Lehrmäßigen her informieren will.

H. Erbring (Köln)

Winkelsträter, Karl H.: Das Betteln der Zootiere. Bern u. Stuttgart: Hans Huber 1960. 92 S. u. 16 Abb. Gr.-8⁰. Kart. DM 14.80.

Jedem Zoobesucher ist bekannt, auf wie mannigfache Weise höhere Tiere „betteln". Obwohl das Betteln um Futter am meisten auffällt, ist dies keineswegs das einzige oder immer wichtigste Bettelmotiv. Der Wunsch nach Ruhe oder Schutz (Deckung), nach Vereinigung mit artgleichen und auch -fremden Genossen, nach einem Sexualpartner, nach Bewegungsfreiheit oder einem Spielplatz und -ding, neugieriges Hinstreben zu Unbekanntem, all' das vermag eingesperrte Tiere zum Betteln anzuregen. — Angebettelt werden nicht nur Menschen, sondern auch Artgenossen und artfremde Tiere, in besonderen Fällen auch tote Dinge. — Unterschiedlich wie die Tierarten und Individuen, wie äußere Lebensumstände und dadurch bedingte Erfahrungen sind auch die Bettelmethoden. Ihnen allen eignen aber gewisse Grundzüge: Das bettelnde Tier strebt dem ersehnten Objekt möglichst entgegen, sucht davorliegende Hindernisse zu überwinden und die Aufmerksamkeit des angebettelten Menschen oder Tieres zu erregen. Die Mitglieder von Käfiggemeinschaften beachten die zwischen ihnen bestehende Rangordnung auch beim Betteln, ob es sich nun um artgleiche oder -verschiedene Tiere handelt: Die besten Plätze sind ranghohen Tieren vorbehalten, rangniedere müssen mit abseits oder im Hintergrund gelegenen Gehegestellen vorliebnehmen und den so bedingten Nachteil durch vermehrte oder „raffiniertere" Bettelaktivität ausgleichen. — Der größte Teil der Arbeit ist der Frage gewidmet, wie die Tiere ihre so verschiedenen Bettelverhalten erwerben. Dabei allerdings zeigt sich, wie unvollkommen doch noch unsere Kenntnis vom angeborenen Verhalten vor allem der meisten Säugetiere ist. Wieviel angeborene Anteile mögen oft in einer Bettelweise stecken, die zunächst vollständig neu erlernt zu sein scheint? Verfasser streift diese Frage nur kurz. Hier hätte man gewünscht, trotz des knappen Raumes, in größerer Breite mit dem Beobachtungsmaterial selbst statt mit seiner Ausdeutung bekannt zu werden. Die zur Deutung so reichlich herangezogenen, größtenteil der Humanpsychologie entlehnten Theorien sind ja hinreichend aus der Literatur bekannt, ein Hinweis anstelle weitschweifiger Referate hätte da genügt. — Im Schlußabschnitt behandelt Verfasser noch die Abhängigkeit der Bettelaktivität vom Tagesrhythmus, besonders von einzelnen, täglich sich wiederholenden Vorgängen wie Käfigreinigung und Fütterung. — Eine inhaltsreiche Arbeit, die auch dem fachkundigen Leser neue Kenntnisse, Erkenntnisse und Anregungen bietet.

P. Leyhausen (Wuppertal-Elberfeld)

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3. — Springer-Verlag OHG, Berlin-Göttingen-Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften
in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete

Herausgegeben von R. GRAMMEL, E. HEINZ, F. HIRZEBRUCH, E. HOPF, H. HOPF, W. MAAK, W. MAGNUS, F. K. SCHMIDT, K. STEIN, B. L. VAN DER WAERDEN

Band 107

Topologische lineare Räume I

Von Dr. GOTTFRIED KÖTHE,
o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg

XII, 456 Seiten Gr.-8°. 1960. DM 73,50; Ganzleinen DM 78,—

INHALTSÜBERSICHT

Grundbegriffe der allgemeinen Topologie: Der topologische Raum. Gerichtete Systeme und Filter. Kompakte Räume und Mengen. Metrische Räume. Uniforme Räume. Reelle Funktionen auf topologischen Räumen · Lineare Räume über beliebigen Körpern: Lineare Räume. Lineare Abbildungen und Matrizen. Der algebraisch duale Raum. Tensorprodukte. Lineartopologische Räume. Gleichungstheorie in E und E^*. Lokal linear kompakte Räume. Die lineare starke Topologie · Topologische lineare Räume: Normierte Räume. Topologische lineare Räume. Konvexe Mengen. Die Trennung konvexer Mengen. Der Satz von HAHN-BANACH · Lokalkonvexe Räume. Grundlagen: Definition und einfachste Eigenschaften lokalkonvexer Räume. Lokalkonvexe Hülle und Kern, induktiver und projektiver Limes lokalkonvexer Räume. Dualität. Die verschiedenen Topologien eines lokalkonvexen Raumes. Bestimmung verschiedener dualer Räume und ihrer Topologien · Topologisch-geometrische Eigenschaften der lokalkonvexen Räume: Der biduale Raum. Halbreflexivität und Reflexivität. Einige Sätze über kompakte und über konvexe Mengen. Extremalpunkte und Extremalstrahlen konvexer Mengen. Metrische Eigenschaften normierter Räume · Einige Klassen lokalkonvexer Räume: Tonnelierte Räume und Montelräume. Bornologische Räume. (F)- und (DF)-Räume. Vollkommene Räume. Gegenbeispiele · Literatur-, Namen- und Sachverzeichnis.

Band 108

Die Grundlagen der Theorie der Markoffschen Prozesse

Von Dr. E. B. DYNKIN,
Professor der Fakultät für Mathematik und Mechanik der Universität Moskau

Ins Deutsche übertragen von Dr. J. WLOKA,
Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Angewandte Mathematik der Universität Heidelberg

XII, 174 Seiten Gr.-8°. 1961. DM 29,80; Ganzleinen DM 33,80

ZUR INFORMATION

Ziel dieses Buches ist die Untersuchung der logischen Grundlagen der Theorie der Markoffschen Zufallsprozesse. Es wird eine allgemeine Theorie aufgebaut, die auch inhomogene Prozesse umfaßt; auch können die hier behandelten Prozesse in einem vom Zufall abhängigen Zeitaugenblick abbrechen. Die weitverbreitete Auffassung eines Markoffschen Prozesses als einer Zufallsfunktion spezieller Form erweist sich für den Aufbau der Theorie als unzulänglich. Tatsächlich hat man es beim Studium Markoffscher Prozesse nicht nur mit einem Wahrscheinlichkeitsmaß zu tun, sondern mit einem ganzen System derartiger Maße; diese Maße entsprechen allen möglichen Anfangszeitmomenten, sowie allen möglichen Anfangszuständen; anders ausgedrückt: Man hat es nicht nur mit einer einzigen Zufallsfunktion zu tun, sondern mit einem ganzen System derartiger Funktionen, die in bestimmter Weise miteinander zusammenhängen. Dies ist einer der Gründe für die bekannte Autonomie der Markoffschen Prozesse innerhalb der allgemeinen Theorie der Wahrscheinlichkeitsprozesse.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Vor kurzem erschien:

Field Theory Handbook

Including Coordinate Systems, Differential Equations and their Solutions

By Professor Dr. PARRY MOON,
Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass./USA,

and Dr. DOMINA EBERLE SPENCER,
University of Connecticut, Storrs, Conn./USA

Mit 59 Abbildungen. VIII, 236 Seiten Gr.-8°. 1961. Ganzleinen DM 69,—

In englischer Sprache

CONTENTS

Eleven coordinate systems · Transformations in the complex plane · Cylindrical systems · Rotational systems · The vector Helmholtz equation · Differential equations · Functions · Bibliography · Appendix. Symbols · Author Index and Subject Index.

FOR INFORMATION

This book is a compendium of equations for the physicist and the engineer working with electrostatics, magnetostatics, electric currents, electromagnetic fields, heat flow, gravitation, diffusion, optics, or acoustics. It tabulates the properties of 40 coordinate systems, states the Laplace and Helmholtz equations in each coordinate system, and gives the separation equations and their solutions.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG